



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"
Facultad de Agronomía
Dirección Unidad de Investigación
"Fundo Arrabales" Altura Km 299 Panam. Sur
Teléf.:056-257444 Anexo 25
Ica – Perú



CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2026

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

Diagnóstico de la concentración foliar de elementos nutricionales en el cultivo del pecano
(*Carya illinoensis* K.), cultivar Mahan en Santiago - Ica.

Presentado por:

GUEVARA AROTINCO MARIA NATALI

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 02% de similitud (Dos por ciento de similitud) por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Según Reglamento para la evaluación de la originalidad de los documentos de investigación, aprobado con Resolución Rectoral N° 1668-R-UNICA-2020 – (18.1 La Universidad considera como original al documento de investigación que presenta un porcentaje de similitud menor o igual al veinte por ciento (20%) con textos de otros autores, según el informe automatizado de originalidad del programa informático adoptado por la Universidad.)

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

- Se analizó la **TESIS** mediante el programa informático iThenticate.
- Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de **40 palabras**, se adjunta pantallazo de la exclusión.

(15.5 La exclusión de cadenas sintácticas cortas procede para evitar que, frases habituales o de conexión, sean reportadas como similitudes. La longitud de las cadenas excluidas no debe superar las cuarenta (40) palabras y debe adecuarse a las características de la disciplina a la que corresponde el documento evaluado, además debe constar en el informe los criterios de exclusión utilizados).

Ica, 30 de enero del 2026.

.....
Dr. FELIX GUILLERMO FUENTES QUIJANDRIA
Director de la Unidad de Investigación
Facultad de Agronomía

.....
CARMINA PAOLA DONAYRE ESPINOZA
Operador del Programa Informático iThenticate

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Agronomía



Diagnóstico de la concentración foliar de elementos nutricionales en el cultivo del pecano (***Carya illinoensis K.***), cultivar Mahan en Santiago - Ica

Línea de investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRONOMO**

AUTOR:

GUEVARA AROTINCO MARIA NATALI

**Ica – Perú
2025**

Dedicatoria

Este logro lo dedico a mis padres y mi tío Nimio Guevara que fue el pilar de ejemplo y fortaleza de este logro, el cual desde el primer día me motivó a crecer con sus consejos y enseñanzas, y también a mi alma mater, profesores que fueron parte de este viaje académico.

Agradecimiento

Agradezco con mucha estima a todos los que fueron parte de mi logro profesional principalmente a mis padres Eulalia Arotinco Tenorio y Pablo Guevara Torres, mi tío Nimio Guevara Torres, que confió en mí y me brindó su apoyo incondicional, a mi alma mater, donde me brindó sus aulas y cada paso por ella era un avance el cual se reflejaba en nostalgia y alegría, a mis docentes que me formaron profesionalmente, también quiero extender mi gratitud a mi asesor Dr. Hugo Vásquez Salas.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLA	v
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes del problema de investigación.....	2
a) Antecedentes a nivel internacional	2
b) Antecedentes a nivel Nacional.....	2
c) Antecedentes a nivel Local	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
a) Problema General	4
b) Problema Específico	4
1.3. Justificación e importancia de la investigación.	4
1.3.1. Justificación.....	4
1.3.2. Importancia.....	5
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Hipótesis de la investigación	5
1.5.1. Hipótesis General.....	5
1.5.2. Hipótesis Específica.....	5
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	6
2.1. Materiales	6
2.1.1. Ubicación del campo experimental	6
2.1.2. Análisis de suelo (Físico -Mecánico)	6
2.1.3. Análisis químico del suelo	6
2.2. Instrumento de recolección de datos.....	9
2.3. Técnica de recolección de datos	10
2.3.1. Análisis de suelo.....	10
2.3.2. Análisis foliares.....	10
2.4. Técnicas de procesamiento de datos, análisis e interpretación de resultados	11
2.5. Tipo, nivel y diseño de la investigación.....	11
a) Tipo de investigación	11

b) Nivel de investigación.....	11
2.6. Población y muestra.....	11
2.6.1. Población del estudio	11
2.6.2. Población a la muestra del estudio	12
2.7. De la conducción del cultivo	12
III.RESULTADOS	15
IV.DISCUSIÓN	35
4.1. Discusión de resultados	35
4.1.1. Concentración de macro y micronutrientes en suelo del cultivo de pecano.....	35
4.1.2. Concentración de Macro y Microelementos.....	35
V. CONCLUSIONES.....	37
VI. RECOMENDACIONES.....	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	
Anexo 1: Informe de Análisis de Suelo	
Anexo 2: Instrumento de Recolección y elementos nutricionales del cultivo de granado	
Anexo 3: Tomas fotográficas	

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Análisis físico – mecánico del suelo.....	6
Tabla 2. Análisis químico del suelo	7
Tabla 3. Registro meteorológicos de agosto 2024 a mayo 2025 (2024-2025)	8
Tabla 4. Muestra 1: Analisis foliar, estado fenológico: brotamiento e interpretación del resultado en el cultivo de pecano cultivar Mahan.....	15
Tabla 5. Muestra 2: Analisis foliar, estado fenológico: floración e interpretación del resultado en el cultivo de pecano cultivar Mahan.....	15
Tabla 6. Muestra 3: Análisis foliar, estado fenológico: maduración e interpretación del resultado en el cultivo de pecano cultivar Mahan.....	17
Tabla 7. Fluctuación de los nutrientes en las etapas fenológicas del cultivo de pecano (<i>Carya illinoensis koch</i>) variedad Mahan, predio Santa Julia Santiago-Ica.....	18
Tabla 8. Concentración del macroelemento Nitrógeno, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	19
Tabla 9. Concentración del macroelemento Fósforo, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	20
Tabla 10. Concentración del macroelemento Potasio, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	21
Tabla 11. Concentración del macroelemento Calcio, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	22
Tabla 12. Concentración del macroelemento Magnesio, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan.....	23
Tabla 13. Concentración macroelemento del Azufre, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	24
Tabla 14. Registro general de la extracción total de macronutrientes en el cultivo del pecano cultivar Mahan, predio Santa Julia, Santiago-Ica.....	25
Tabla 15. Concentración del microelemento Cobre, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	27
Tabla 16. Concentración del microelemento Zinc, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	28
Tabla 17. Concentración del microelemento Manganeso, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan.....	29
Tabla 18. Concentración del microelemento Fierro, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	30
Tabla 19. Concentración del microelemento Boro, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar Mahan	31
Tabla 20. Concentración de materia seca, en el tejido foliar en el cultivo de pecano, cultivar mahan	31
Tabla 21. Extracción total de microelementos en el cultivo de pecano cultivar mahan.....	33

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Concentración foliar de Nitrógeno total %	19
Figura 2. Concentración foliar de Fósforo total %	20
Figura 3. Concentración foliar de Potasio total %	21
Figura 4. Concentración foliar de Calcio total %	22
Figura 5. Concentración foliar de Magnesio total %	23
Figura 6. Concentración foliar de Azufre total %	24
Figura 7. Extracción total de macronutrientes en el cultivo de pecano variedad Mahan	26
Figura 8. Concentración foliar de Cobre total %	27
Figura 9. Concentración foliar de Zinc total %	28
Figura 10. Concentración foliar de Manganeso total %	29
Figura 11. Concentración foliar de Hierro total %	30
Figura 12. Concentración foliar de Boro total %	31
Figura 13. Concentración foliar de materia seca (%)	32
Figura 14. Extracción total de micronutrientes en el cultivo de pecano variedad Mahan	34

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Diagnostico de la concentración foliar de elementos nutricionales en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis* K.), cultivar Mahan en Santiago-Ica tuvo como objetivo determinar las concentraciones nutricionales en cada una de sus etapas fenológicas para un manejo agronómico más eficiente. Se realizaron análisis foliares en sus etapas de brotación, floración y fructificación durante una campaña, teniendo en cuenta el análisis del suelo que llego a la conclusión de un terreno franco apto para el cultivo. La investigación tuvo como resultado referente a los macronutrientes en la primera muestra de brotamiento: N (2.98% 9.11 kg/ha), P (0.31% 0.94 kg/ha), K (1.28% 3.91 kg/ha), Ca (1.64% 5.01 kg/ha), Mg(0.36% 1.10 kg/ha); en la segunda muestra floración-fructificación: N (2.48% 15.17 kg/ha), P (0.18% 1.10 kg/ha), K (1.29% 7.89 kg/ha), Ca (1.81% 11.07 kg/ha), Mg(0.39% 2.08 kg/ha) y en la tercera muestra maduración: N (2.07% 15.8 kg/ha), P (0.15% 1.14 kg/ha), K (0.81% 6.19 kg/ha), Ca (1.88% 14.38 kg/ha), Mg(0.22% 1.68 kg/ha) de altas a normales, salvo el Azufre en la primera muestra (0.14% 0.42 kg/ha), segunda muestra (0.13% 0.79 kg/ha) y en la tercera muestra (0.17% 1.30 kg/ha) de valores bajo en todas las muestras; microelementos en la primera muestra brotamiento: Na (0.05% 0.15 kg/ha), Cl (0.11% 0.33 kg/ha), Cu (18.05 ppm 0.5513 kg/ha), Zn (56.55 ppm 0.1730 kg/ha), Mn (326.00 ppm 0.9975 kg/ha), Fe (165.35 ppm 0.5059 kg/ha), Br (56.00 ppm 0.1713 kg/ha), materia seca (37.52%); en la segunda muestra floración-fructificación: Na (0.04% 0.24 kg/ha), Cu (15.10 ppm 0.7956 kg/ha), Zn (43.50 ppm 0.2662 kg/ha), Mn (442.50 ppm 0.2708 kg/ha), Fe (157.45 ppm 0.9635 kg/ha), Br (91.00 ppm 0.5569 kg/ha), materia seca (48.74%) y en la tercera muestra maduración: Na (0.08% 0.61 kg/ha), Cl (0.18% 1.37 kg/ha), Cu (7.50 ppm 0.5737 kg/ha), Zn (33.55 ppm 0.2566 kg/ha), Mn (719.00 ppm 0.5500 kg/ha), Fe (156.45 ppm 0.1196 kg/ha), Br (194.50 ppm 0.1497 kg/ha) (44.10%). El Cloro no tuvo presencia en el estado fenológico de la floración plena y maduración.

Palabras claves: *Carya illinoensis* Koch, Diagnóstico nutricional, macro y micronutrientes.

ABSTRACT

The research study entitled “Diagnosis of the Foliar Concentration of Nutritional Elements in Pecan Cultivation (*Carya illinoensis* K.), cultivar Mahan in Santiago-Ica” aimed to determine the nutritional concentrations at each of its phenological stages for a more efficient agronomic management. Foliar analyses were carried out during the sprouting, flowering, and fruiting stages throughout one growing season, taking into account the soil analysis, which concluded that the soil had a loamy texture suitable for cultivation. The research results regarding macronutrients in the first sprouting sample were as follows: N (2.98% 9.11 kg/ha), P (0.31% 0.94 kg/ha), K (1.28% 3.91 kg/ha), Ca (1.64% 5.01 kg/ha), Mg (0.36% 1.10 kg/ha); In the second sample, flowering-fruitletting: N (2.48% 15.17 kg/ha), P (0.18% 1.10 kg/ha), K (1.29% 7.89 kg/ha), Ca (1.81% 11.07 kg/ha), Mg (0.39% 2.08 kg/ha) and in the third sample, ripening: N (2.07% 15.8 kg/ha), P (0.15% 1.14 kg/ha), K (0.81% 6.19 kg/ha), Ca (1.88% 14.38 kg/ha), Mg (0.22% 1.68 kg/ha) from high to normal, except for Sulfur in the first sample (0.14% 0.42 kg/ha), second sample (0.13% 0.79 kg/ha) and in the third sample (0.17% 1.30 kg/ha) low values in all samples; microelements in the first sprouting sample: Na (0.05% 0.15 kg/ha), Cl (0.11% 0.33 kg/ha), Cu (18.05 ppm 0.5513 kg/ha), Zn (56.55 ppm 0.1730 kg/ha), Mn (326.00 ppm 0.9975 kg/ha), Fe (165.35 ppm 0.5059 kg/ha), Br (56.00 ppm 0.1713 kg/ha), dry matter (37.52%); In the second sample, flowering-fruitletting: Na (0.04% 0.24 kg/ha), Cu (15.10 ppm 0.7956 kg/ha), Zn (43.50 ppm 0.2662 kg/ha), Mn (442.50 ppm 0.2708 kg/ha), Fe (157.45 ppm 0.9635 kg/ha), Br (91.00 ppm 0.5569 kg/ha), dry matter (48.74%) and in the third sample, ripening: Na (0.08% 0.61 kg/ha), Cl (0.18% 1.37 kg/ha), Cu (7.50 ppm 0.5737 kg/ha), Zn (33.55 ppm 0.2566 kg/ha), Mn (719.00 ppm 0.5500 kg/ha), Fe (156.45 ppm 0.1196 kg/ha), Br (194.50 ppm 0.1497 kg/ha) (44.10%), Chlorine was not present at the phenological stage.

Keywords: *Carya illinoensis* Koch, nutritional diagnosis, macro and micronutrients.

I. INTRODUCCIÓN

El distrito de Santiago caserío de la Venta Baja en el sector Santa Julia, provincia y departamento de Ica, al año 2025 se ha convertido en uno de los sectores productores de pecana, debido a los cultivos de pecano (*Carya illinoensis Koch*), por la gran diversidad de variedades sembrados, es por ello es de sumo interés haber proyectado el presente texto documentario en la investigación realizada al desarrollar el diagnóstico de la absorción foliar de elementos nutricionales en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis K.*), con el cultivar Mahan en el sector de Santiago-Ica, como un aporte a la comunidad en el presente, realizado en sus diferentes etapas fenológicas complaciendo de esta manera el desarrollo de la actividad agrícola conjuntamente con las características del suelo, agua, aplicaciones, riegos, fertilidad y otros labores culturales como la poda, época, clima y adversidades.

Presentándose entonces circunstancias adversas y favorables para este cultivo, es por ello, la investigación realizada con gran interés y ánimo de contribución hacia otras investigaciones ayuden a mejorar programas en la nutrición de este cultivo y así mejorar los rendimientos o productividad como también la buena calidad de sus frutos.

Teniendo las inversiones en el presupuesto y capital disponible, conllevaron a los resultados de las muestras tomadas con las determinaciones que permitieron corregir la nutrición foliar del pecano en el sector de Santa Julia del distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica.

De acuerdo con [1], define como importancia la dosis y épocas de la fertilización eficaces y óptimas, y sobre todo tener presente la fenología del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas, en mejora de las necesidades nutricionales de las plantas, y teniendo en cuenta la economía en la aplicación de éstos, para el provecho del agricultor, programado en el que se tome en cuenta nuevamente de un buen diagnóstico de la absorción de todos los elementos nutricionales, resaltando la época, dosis, fuentes y absorción de estos optimizando los fertilizantes.

El empleo del buen abonamiento y fertilización del predio “Santa Julia” favorece mayormente la eficiencia de la absorción de ellos con un buen riego adecuado al cultivo, al conocimiento de los agricultores del sector como evidencia a los resultados obtenidos como el reflejo de los rendimientos y productividad reflejada con la actualización adecuada y profesional asesorada por personal eficiente y preparados para la aplicación de técnicos adecuados para el manejo agronómico y uso de las Buenas Prácticas Agrícolas.

La información de los diagnósticos nutricionales referente al cultivo del pecano es insuficiente, ya que el ritmo y absorción está reflejada en la interpretación de resultados de los análisis respectivos y etapas fenológicas del desarrollo del cultivo, ya que defiere mucho los lugares y estados fenológicos, prácticas culturales, aplicaciones, edad, zonas, predio y otros más.

El gran auge o necesidades, usos y propiedades de la pecana como fruta han hecho la expansión y crecimiento de este cultivo al año 2025, ya que por su superficie de siembra es también

exportable, por ello y otras razones, que la necesidad de realizar un diagnóstico nutricional de la absorción de las macro y micronutrientes en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis K.*) variedad Mahan en Santiago, Ica.

Esto ha permitido exhibir los resultados de calidad y producción exitosa de pecanas, ya que las áreas más extensas se encuentran en la región Ica (1,560 hectáreas). La mayoría de los productores de nuez pecana son pequeños y medianos, lo que significa que pertenecen al sector de la agricultura familiar. [2].

1.1. Antecedentes del problema de investigación

a) Antecedentes a nivel internacional

Según la investigación por [3] su objetivo fue determinar la calidad nutricional del cultivo pecanero mediante análisis de suelo y foliares, cuyo muestreo se realizó en siete huertas, 3 con manejo orgánico y 4 con manejo convencional. Para el muestreo foliar, se tomaron muestras al azar en 25 árboles en cada huerta, se colectaron 100 foliolos ubicadas en la parte media del brote del año, todos los foliolos se colocaron en bolsas de papel etiquetadas, enviando todo al laboratorio cuyos resultados evidencian que los suelos de la Región Norte son altamente salinos, muy altos en Contenidos de Carbonatos totales (68%), Capacidad de Intercambio Catiónico (27.5 meq/100 gr), pH fuertemente alcalino (8.10-8.97), deficientes en N, P, Fe y Zn.

Según lo planteado por [4], en su investigación la concentración foliar de nutrientes es un factor que influye en la producción irregular o alternancia del nogal pecanero, en su estudio revela que las plantaciones fueron deficientes en Zn, P, K y Fe durante 3 años, El año de más baja producción en cáscara de pacana (1.047 kg/ha) coincidió con el mayor índice de Desequilibrio Nutricional (161), lo que concluye que el factor nutricional está influyendo en la producción de pacana. La concentración foliar de: N, P, K y Fe, así como el porcentaje de pepita se disminuyeron con los años, por tanto, en los años de alta producción hay una mayor demanda de estos nutrientes y también se reduce la calidad (% de pepita).

b) Antecedentes a nivel Nacional

No se ha registrado datos relacionados al tema de investigación.

De acuerdo con [5], manifiestan en su ensayo investigando la absorción y asimilación de nutrimentos por medio de la planta, donde el movimiento de iones es el perfil radicular, de los componentes químicos de los órganos vegetales, como son las hojas, frutos, savia, ramas, etc. y la relación entre ellos, el estudio se orienta a diagnosticar, optimizando y aprovechando la parte nutricional e hídrica por la planta, a la vez minimizando las posibilidades del impacto ambiental, que ocasiona los excesos de los fertilizantes, insecticidas y otros factores.

Estas investigaciones realizan la toma de las muestras de hojas (Foliar) para ser analizados mediante los análisis de laboratorio, haciendo la determinación de los niveles de concentración acumulada de cada uno de los nutrientes presentes en la absorción y solución del suelo.

Concluyen que, los nutrimentos son absorbidos por el pecano en concentraciones de Nitratos de 1 a 3 meqL⁻¹. El elemento Fósforo mínimo de 15 ppm, Potasio, Calcio y Magnesio en concentraciones mayores a 1 meqL⁻¹ son absorbidos y los lixiviados del nitrato comienza su absorción en concentraciones mayores de 2 meq L⁻¹.

c) Antecedentes a nivel Local

Como señala [6], en su investigación el N y P presentan una variación en la concentración foliar, variando su concentración de alta a normal en las últimas etapas del desarrollo, el K, Ca y Mg se encuentran en una concentración foliar normal de todas las etapas del desarrollo igualmente el Zn, Mn y Fe, presentan la misma concentración, sin embargo, el Cu y B presentan variación en la concentración foliar y el Na y Cl se evidencia concentración normal.

Asimismo [7], en su trabajo de investigación se evidenció que los macronutrientes N, P, K, Mn y Ca su concentración foliar de encontró de normal a alto, más no es así en el S cuya concentración foliar es baja en todas las etapas del desarrollo, respecto a los micronutrientes Cu, Zn, Fe, Mn y B, su concentración es normal a alta, concluyendo que la fertilización en el área ha sido adecuada. Según [8], en su trabajo de investigación determinaron la concentración foliar de los macronutrientes P, K, Ca y S adecuadas, sin embargo, Mg se encontró la concentración baja, los micronutrientes Cu, Zn, Fe y B su concentración foliar fue la adecuada toda la campaña agrícola, Mg se encontró concentración baja.

De acuerdo con [9] en su investigación determinó que los elementos mayores N, P, Ca, Mg, se encuentran una concentración normal a excepción del azufre que se encuentra en una concentración foliar baja, por el contrario, en los microelementos Cu, Mn, Zn, Fe y B se evidencia una concentración foliar normal en las etapas de desarrollo.

Según [10] en su estudio acerca del cultivo de pecano, concluyó que la concentración foliar en las fases fenológicas presenta una variación en los elementos mayores N, P, Mg y S. Durante las fases fenológicas, el contenido foliar de los elementos mayores K y Ca fue el apropiado. Cu y Fe, elementos menores, se hallaron en una concentración foliar apropiada a través de las fases fenológicas; sin embargo, la concentración foliar de los elementos menores Zn y Mn mostró variaciones. El elemento más bajo Br, mostró una elevada concentración foliar en cada una de las fases fenológicas.

1.2. Formulación del Problema

Existen especies como el cultivo del pecano que luego de un periodo de vivero y sometidos a un proceso de injertación, enraizamiento y etapas de prendimiento y desarrollo vegetativo bajo cuidados de mantenimiento aproximadamente 2 años para recién ser trasladados a campos definitivos en áreas de terreno en condiciones adversas presentando cierta situación problemáticas en cuanto al desarrollo en suelos de diferentes textura, con poca o escasa fertilización, es por ello la importancia de la nutrición del mismo (Suelo) y de la planta vía foliar actuando de manera eficaz, debido a que toda especie vegetal pierda los macro y micro elementos en su periodo fenológico de desarrollo y hay que restituir lo que se ha consumido, es por ello la gran tarea de la realización de los análisis foliares en caso del pecano.

a) Problema General

¿Cómo el análisis foliar diagnostica la concentración de elementos nutricionales en la zona de Santiago-Ica?

¿Cuál es el diagnóstico del análisis foliar de los elementos primarios y secundarios en el cultivo del pecano (*Carya illinoensis K.*), cultivar Mahan, en la zona de Santiago – Ica?

b) Problema Específico

¿Cómo la absorción de nutrientes diagnostica los elementos nutricionales a lo largo de una campaña agrícola?

¿Cuál es el diagnóstico de la concentración foliar de los micro y macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) en el pecano cultivar Mahan en Santiago – Ica?

1.3. Justificación e importancia de la investigación.

1.3.1. Justificación.

Se justifica en la necesidad de contribuir al adecuado desarrollo agrario, especialmente en cultivos de alto valor como la pecana. En la actualidad, la realidad de los pequeños productores hasta empresarios agroexportadores, requieren conocimientos técnicos que les permitan optimizar la fertilización y el fertirriego, garantizando así un uso eficiente de los recursos y una inversión económicamente sostenible.

Obtener un conocimiento preciso sobre el análisis del suelo y la absorción de nutrientes es esencial para aumentar la productividad, ya que permite aplicar técnicas adecuadas de gestión nutricional y reduce los riesgos relacionados con la ineficiencia o el consumo ineficaz.

En este sentido, la investigación cobra relevancia al proporcionar una evaluación de la región de cultivo, sus condiciones y sus características comestibles, lo que permitirá proponer prácticas agrícolas que fomenten el crecimiento y la producción del pecano.

1.3.2. Importancia.

Dar a conocer el método para mejorar la buena conducta, valorando enormemente todos los métodos existentes sin subestimar ni devaluar las condiciones de cultivo, ya que el objetivo es mejorarlas.

El predio Santa Julia proporciona el producto final cosechado a los comerciantes para su consumo en condiciones adecuadas, lo que la hace crucial, ya que es uno de los cultivadores tradicionales con fácil adaptación al entorno, sirviendo de apoyo y referencia para la propiedad mencionada.

En Santiago, se podría contribuir en dar la eficiencia e importancia como frutal, teniendo en cuenta que esta planta tiene rasgo de origen americano, las pecanas como fruta tiene y presenta valores nutricionales muy ricos en vitaminas, proteínas y otros minerales esenciales, para la salud humana, lo que se transforma como fuente energética con buenos valores nutricionales, teniendo en ella la virtud de esta importancia como otro cultivo.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Diagnosticar la concentración foliar de elementos nutricionales en el cultivo de pecano en la zona de Santiago-Ica.

1.4.2. Objetivos Específicos

Diagnosticar la concentración foliar de elementos nutricionales en el cultivo de pecano a lo largo de una campaña agrícola en función de las etapas de desarrollo para las condiciones de Santiago-Ica.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis General

Se podrá mejorar el manejo agronómico en el cultivo de pecano, en el área de la fertilidad del cultivo, mediante el diagnóstico de la concentración foliar de elemento, nutricionales para las condiciones de Santiago-Ica.

1.5.2. Hipótesis Específica

Se podrá mejorar el manejo agronómico en el cultivo de pecano, en el área de la fertilidad, mediante el diagnóstico de la concentración foliar de elementos nutricionales, a lo largo de una campaña agrícola para las condiciones de la zona de Santiago.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Materiales

2.1.1. Ubicación del campo experimental

El estudio, donde se realizó la presente investigación fue en el predio Santa Julia en el distrito de Santiago, provincia y Región Ica.

Teniendo como coordenadas geográficas:

- Latitud : 14°4'24 W
- Longitud : 75°42'396" S

2.1.2. Análisis de suelo (Físico -Mecánico)

Nivel 0.00 – 0.50 mts, referente al diagnóstico de la absorción foliar de elementos nutricionales en el pecano.

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO – MECÁNICO DEL SUELO

Parámetro	Resultado	Nivel Mts	Método	Técnica
Arena %	28.72	0.00 – 0.50 m	Mes -001	Bouyucus
Limo %	46.00%	0.00 – 0.50 m	Mes -001	Bouyucus
Arcilla %	25.28%	0.00 – 0.50 m	Mes -001	Bouyucus
Clase textual	Franco.	-	-	-

* MES y MEA: Método propio del laboratorio

De acuerdo con el resultado del informe del análisis del sector de Santa Julia, cultivo pecano, con número de registro de análisis 740-025-2024, de fecha 17-07-2024.

En los parámetros de arena el porcentaje obtenido fue de 28.72%, siendo relativamente poco bajo, en condiciones de cultivo instalado de pecano.

Para el caso de limo arrojó 46.00% siendo esta estructura de su textura de mayor proporción.

Referente al parámetro arcilla fue de 25.28%, siendo el de menor proporción, denotando una clase textural de terreno de suelo franco, poco permeable, pero las condiciones adecuadas dentro de la conducción y manejo agronómico para el cultivo de pecano del sector Santa Julia, caserío de la Venta Baja, del distrito de Santiago en Ica.

2.1.3. Análisis químico del suelo

Tomadas las muestras de suelo con código y número 740-025-2024, de fecha 17/07/2024 a nivel de 0.00-0.50 m, la misma que fue enviada a los Laboratorios del Instituto Rural Valle de

San Vicente de Cañete, para su análisis respectivo, donde los resultados fueron valores interpretados como bajo, normal y alto, según las normas establecidas, los mismos que se han registrado en la tabla N°2.

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO 2024

Parámetro	Resultado	Método usado/Técnica	Interpretación
Nitrógeno%	0.06	Kjeidahi	Bajo
Fósforo disponible ppm	17.58	Olsen	Alto
Potasio disponible ppm	387.00	Acetato de Amonio	Alto
Materia orgánica %	1.03	Walkley y Black	Bajo
Carbonato de calcio total %	0.16	Gavimétrico	Muy Bajo
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25°C(dS/m)	1.45	Electrométrico	Normal
pH (1/1) a Temp = 19.8 °C	7.99	Electrométrico	Alcalino
Cationes Cambiables			
Calcio mEq/100 g	11.62	FAAS	Normal
Magnesio mEq/100 g	2.17	FAAS	Normal
Sodio mEq/ 100 g	0.48	FAAS	Normal
Potasio mEq / 100 g	0.96	FAAS	Alto
P.S.I. (%)	3.14	Cálculo Matemático	No sódico
C.I.C.E mEq / 100 g	15.23	Cálculo Matemático	Medio

Fuente: Laboratorio Instituto Rural Valle Grande

* FAAS: Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

* MES: Cálculo Matemático. Método propio del Laboratorio.

Del Nitrógeno el resultado del análisis realizado por los laboratorios de Valle Grande- Cañete arrojó 0.06% considerado bajo. De Fósforo disponible fue 17.58 ppm, siendo también bajo, en el caso de Potasio disponible arrojó 387.00 ppm considerado para estas condiciones alto, según la interpretación. De la determinación en cuanto a materia orgánica arrojó 1.03% siendo bajo. Del Carbonato de Calcio Total según el resultado arrojó 0.16% considerado muy bajo. Referente a la conductividad eléctrica (E.S.) el resultado obtenido fue de 1.45 (ds/m) considerada como normal.

En cuanto al pH fue de 7.99 considerado ligeramente alcalino. En cuanto a los cationes cambiables, respecto al Ca, arrojó 11.62 mEq/100 g, siendo normal. De Magnesio el resultado fue de 2.17 mEq/100 g estando de forma normal. En el caso de Sodio resultó con 0.48 mEq/100 g estando en condiciones normales.

De Potasio el resultado obtenido fue de 0.96 mEq/100 g considerado alto. D el P.S.I. arrojó 4.70% considerado no sódico y de la capacidad de intercambio catiónico en mEq/100 g, el resultado que se registró fue de 15.23 mEq/ 100 g considerado como término medio.

Por todos los resultados obtenidos en el predio Santa Julia, se establece que para algunos parámetros es necesario realizar labores culturales del pecano en este predio y así lograr establecer las condiciones normales en posteriores análisis químicos y superar algunas deficiencias encontradas en el predio del estudio realizado.

2.1.4. Datos meteorológicos

La referencia con el clima, este tiene gran influencia en el desarrollo y crecimiento de las plantas. Los resultados de datos meteorológicos fueron proporcionados por: Estación Meteorológica de SENAMHI -Ica, tomando las referencias siguientes:

- Estación : MAP-San Camilo
- Latitud : 14°4'24 W
- Longitud : 75°42'396" S
- Altitud : 407 m.s.n.m.
- Departamento: Ica
- Provincia : Ica
- Distrito : Parcona

TABLA 3
REGISTRO METEOROLÓGICOS DE AGOSTO 2024 A MAYO 2025 (2024-2025).

Meses	Máximo $\bar{X}$	Temperaturas °C		Horas de sol	Humedad relativa %
		Media $\bar{X}$	Mínima $\bar{X}$		
Agosto	24.0	20.0	13.0	8.8	58.9
Setiembre	26.0	23.0	14.0	9.0	55.1
Octubre	26.1	23.0	16.0	9.8	56.0
Noviembre	27.0	23.5	18.0	10.0	57.0
Diciembre	28.4	23.6	20.2	10.2	63.0
Enero	32.2	23.1	22.4	10.3	71.2
Febrero	32.3	22.0	23.2	8.5	72.2
Marzo	34.0	24.0	24.0	9.0	80.0
Abril	31.2	21.9	23.2	7.7	80.5
Mayo	29.0	22.0	23.4	8.1	86.0

Fuente: Estación MAP-San Camilo-Parcona-Ica

Interpretación de los registros meteorológicos

Para los rendimientos de cultivos, en Perú, el adecuado es el que se desarrolla en nuestra costa, este frutal tiene adaptaciones apropiados de su crecimiento y establecimiento al mismo.

Con diferentes rangos de temperatura para sus diferentes etapas fenológicas por la que atraviesa el frutal, como son antes del brotamiento estacional antes de la sentencia y/o dormancia.

Las exigencias del clima apropiado están en promedio de 25 a 30° C en verano y en invierno de 7.2 a 12.3°C, debiendo acumular horas de frío en su estado durmiente de 500 a 700 HF.

Todos los registros de datos corresponden a los meses de crecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo del predio en el sector Santa Julia del distrito de Santiago, con fecha inicial en el mes de agosto del 2024 y fecha de término en el mes de mayo del año 2025.

Ahora la temperatura máxima se registró en el mes de marzo del 2025 con 34.0°C, y la mínima en el mes de agosto del año 2024 con 13.0°C, con un medio de 23.5°C registrada en el mes de noviembre del 2024.

Referente a las horas de sol los datos registrados la menor hora de sol fueron en el mes de abril del año 2023 con 7.7 y las mayores se registró en el mes de enero del año 2025 con 10.3.

De la humedad relativa, se tuvo la menor en el mes de setiembre del 2024 con 55.1% y la mayor se dio en el mes de mayo del 2025 con 86.0%.

Todos estos datos meteorológicos estuvieron en los rangos establecidos para el cultivo de pecano de la variedad Mahan en las condiciones del predio Santa Julia del distrito de Santiago – Ica, Perú. Por lo que debe precisar no fueron adversos para el proceso de desarrollo en sus diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Resultados de los análisis foliares, según el desarrollo de etapas fenológicas en el diagnóstico de la absorción de macro, micronutrientes en el cultivo de pecano del sector Santa Julia -Santiago-Ica, 2025, básico para el diagnóstico nutricional, en la detección de excesos y deficiencias de estos nutrientes al cultivo de pecano, lo que permitirá corregir para las próximas campañas.

2.2. Instrumento de recolección de datos

Para esto, en cuenta se tuvo opiniones de profesionales, técnicos, asesores respecto al diagnóstico referente a la absorción de macro y micronutrientes del cultivo de pecano, como instrumento de evaluación principal.

De los análisis, el documental de la recolección de información de datos de otras fuentes secundarias como el material bibliográfico de libros, boletines, manuales, revistas, tesis, folletos, enseñanzas del curso de fertilidad y otros como el empleo de la inteligencia artificial, respecto a las investigaciones y estudios hechos en el sector o zona por otras entidades o predios, internet y resultados de laboratorios especializados.

Se emplearon como fuentes para la recolección de datos variables de interés. A la vez se consideró como instrumento empleado un cuaderno de notas de registro (Vitácora) donde se anotaron los datos, teniendo en cuenta muestras que dieron resultados de los análisis tomados según las etapas fenológicas del desarrollo del cultivo de pecano (Brotamiento, floración y maduración).

Estas muestras fueron remitidas a los Laboratorios del Instituto Rural Valle Grande, San Vicente Cañete, como se puede apreciar en las evidencias que se encuentra en el capítulo de los anexos, como fuente de confiabilidad de lo misma.

2.3. Técnica de recolección de datos

2.3.1. Análisis de suelo

Siguiendo con la elaboración del trabajo de tesis, primeramente se tomaron muestras al azar de diferentes puntos del predio en estudio instalado en puntos diferentes, a profundidades mayores a los 30 cm hasta conformar el peso de la muestra de 1.0 kg, las mismas que se mezclaron en forma homogenizada, estas muestras servirán como referente según los resultados de los análisis de laboratorio, indicaron el tipo de suelo, textura, grado de humedad, entre otras características importantes para el buen manejo agronómico del cultivo de pecano, siendo este el análisis físico-mecánico.

A la vez las muestras también se sometieron al análisis químico de suelo, los resultados tuvieron valores de los componentes de los nutrientes y en qué cantidades se encontraron, estos permitieron saber y conocer la riqueza o pobreza de elementos nutritivos del suelo en el cultivo de pecano.

2.3.2. Análisis foliares

Estas muestras de brotación, floración y maduración del fruto fueron tomadas al azar del tercio medio de plantas del follaje, en diferentes etapas del desarrollo fenológico del cultivo del pecano, luego de obtener aproximadamente ½ kilo de hojas, estos fueron remitidos a laboratorio para el análisis respectivo en forma inmediata.

Estos resultados permitieron establecer el grado de acumulación de nutrientes en el cultivo de pecano, según su estado fenológico. A la vez se realizó determinaciones donde pudo tener la mayor o menor cantidad de nutrientes y se pudo establecer el diagnóstico foliar en cuanto al grado de asimilación de estos, para poder hacer una adecuada fertilización de los elementos faltantes y/o sobrantes cumpliéndose con las leyes de la fertilización como son la ley del mínimo y la ley de los rendimientos decrecientes.

Los resultados fueron valorados en escalas determinados dándose valores de interpretación, los mismos que sirvieron como referente al diagnóstico de la absorción de los macro y micronutrientes del cultivo de pecano del predio Santa Julia Santiago-Ica.

2.4. Técnicas de procesamiento de datos, análisis e interpretación de resultados

Para el presente diagnóstico referente al contenido de nutrientes en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis K.*) cultivar Mahan del predio Santa Julia, en Santiago Ica, se tuvo presente los datos tomados como técnicas de procesamiento de estos valores, como fue la marcación de plantas de estos que se obtuvieron las muestras foliares. Seguidamente el procedimiento a seguir fue a la recolección de hojas, resultando como predio en total el corte de 50 hojas por cada planta de pecano, dado en sus diferentes etapas fenológicas de éste (Brotamiento, floración y maduración) de frutos.

Todas estas muestras de diferentes plantas fueron enviadas a los Laboratorios del Instituto Rural Valle Grande de San Vicente de Cañete, para su respectivo análisis y posteriores resultados para la interpretación de los mismos elementos como son los macro y micronutrientes para el diagnóstico respectivo.

Estableciéndose los rangos normales, altos o bajos según corresponda, el valor comparado con los estándares internacionales establecidos y finalmente iniciar las correcciones respectivas para las próximas campañas del 2025 en el predio Santa Julia del distrito de Santiago-Ica.

2.5. Tipo, nivel y diseño de la investigación

a) Tipo de investigación

Aplicada, porque aplica el conocimiento adquirido en la investigación fundamental para lograr objetivos específicos [9].

b) Nivel de investigación

Carácter no experimental, longitudinal, no experimental porque implica describir un evento para especificar su comportamiento, es de naturaleza descriptiva. [10], longitudinal porque se hace un seguimiento a lo largo del tiempo, considerando el diagnóstico del contenido de macro y micronutrientes en diferentes etapas del cultivo de pecano, bajo condiciones del predio Santa Julia.

2.6. Población y muestra

2.6.1. Población del estudio

Se consideró como población de 50 plantas al azar las instaladas de las 12 hectáreas sembradas en el predio Santa Julia de la zona baja de Santiago-Ica.

2.6.2. Población a la muestra del estudio

Se consideraron las muestras foliares a 10 plantas de la superficie del cultivo de pecano, los cuales se extrajeron aproximadamente 1 kilo de hojas, del predio Santa Julia del distrito de Santiago en Ica.

2.7. De la conducción del cultivo

El predio Santa Julia del distrito de Santiago- Ica, cuenta con 23 hectáreas en total, se ha considerado para el estudio 12 hectáreas del sector izquierdo del fundo en general, en condiciones de riego por gravedad, sembrados a 14 m x 14 m. En sistemas de pozas, el cual el riego se aplicó por inundación con épocas de aguas de avenida.

Entre las labores del manejo según la conducción del predio en mención fueron las que a continuación se enunciará:

a) Limpieza de campo

Consistió en realizar la recolección de la limpieza de pozos de todo ajeno a las plantas de pecano, limpia de pozas donde se encuentran las plantas de pecano.

b) Poda

La práctica cultural se realizó solo con las ramas grandes que se entrecruzan con las ramas principales, fueron muy pocas con el fin de que no interfieran con el desarrollo del brotamiento del pecano.

Luego se procedió a retirarlos de las pozas del pecano.

c) Riego

Estos se dieron a partir del mes de setiembre del año 2024, con aguas de avenida (gravedad y con el llenado de pozas 3.5 horas), repitiéndose estos en el mes de octubre (10-10-2024) aproximadamente 14,000 m³/ha.

Otro riego pesado fue en el mes de enero del 2025 siempre con agua de avenida (8-01-2025), con la misma intensidad que la anterior es decir 14,000.00 m³/ha.

d) Cultivos y deshierbos

Esta práctica cultural del manejo en el cultivo de pecano en el predio Santa Julia, con el fin de mullir y soltar el suelo con la eliminación de las malas hierbas, se llevó a cabo en el mes de diciembre (22/12/2024) con el empleo de grada.

e) Abonamiento y fertilización

Respecto a estas prácticas se le aplicó guano de corral (Establo), la cantidad de 4 sacos de 25 kilos por planta (alrededor de la copa) con fecha de setiembre (26-09-2024).

Siendo la dosis de abonamiento: N = 200, P = 200 K = 120, Ca = 80, Mg = 80 y S = 80 la misma que fue proporcionado por el agricultor del predio Santa Julia del distrito de Santiago-Ica.

f) Control fitosanitario

Al respecto se apreció la presencia del pulgón amarillo (*Monellia caryella*) que provocó la aparición de fumagina, pero debido a la ocurrencia de las lluvias en el mes de febrero, se produjo el lavado de las hojas de pecano, limpiando el área foliar favoreciendo la floración, fructificación de los pecanos, apareciendo fumagina al final de la maduración, y no causó deficiencias a la producción de las pecanas.

A esto se deduce que Ica es uno de los valles con mayor área sembrada del cultivo de pecanas con 1,700 has (Según ALA) Autoridad Local del Agua.

Inicio de la Brotación

Exigencias edafoclimáticas, requiere temperaturas promedios en verano de 25 a 30°C y el invierno 7.2 a 12.3°C dependiendo de la zona con frío adecuado para la época de dormancia, para la acumulación aproximadamente de 500 a 700 HF (horas de frío) para brotamiento, humedad relativa (HR) no debe pasar de 75% por problemas fitosanitarias [11].

De las etapas fenológicas se dice que el brotamiento, marcado por la acumulación de frío, el crecimiento y activación de brotes fructíferos y vegetativos depende del clima, aplicaciones de inducción hormonales (citoquímicos, giberelinas).

Tener en cuenta la poda (rejuvenecimiento) nutrición edáfica, ciclos de renovación, etc.

De los problemas fitosanitarios, en el brotamiento se presentaría el gusano comedor de brotes (*pseudoplusia sp*) gusano de brotes (*Spodoptera sp*) siendo plagas ocasionales.

Luego del brotamiento, se presenta la etapa de desarrollo vegetativo condicionado por la frecuencia de riego, para el crecimiento de tallos, ramas y hojas (Biomasa del árbol).

Diferenciación de flores en la polinización

El 40% de Nitrógeno disponible lo absorbe la planta (Verdor de hojas), posteriormente se inicia la floración y polinización (90 a 120 días después del brotamiento).

Por ser una planta monoica presenta flores masculinas y femeninas separadas en el mismo árbol. Entonces la floración sería la aparición de ambas flores.

Y la polinización sería el momento en que se da a la dicogamia o polinización cruzada (Pecana) de polinización anemófila (Viento o aire).

Posteriormente la parte final es el desarrollo del fruto (Pecana) o amarre, luego el cuajado y llenado, momento en que el frutal requiere de una demanda elevada de agua y nutrimentos. (Actividad de traslocación) de azúcares y elaboración de carbohidratos en el árbol.

Desarrollo de frutos en llenado

De la madurez del fruto y cosecha, se da cuando la almendra se ha completado, las exigencias de agua son altas y se requiere alto zinc, el árbol moviliza mucho zinc. (Según el Simposium Internacional de Nogal Pecanero 2016).

Absorción de 30 a 70 ppm zinc y en la maduración de 60 ppm, juntos al Potasio son responsables del tamaño del fruto, como la calidad de este (apertura de fruto)

Madurez del fruto y apertura del ruezno

Con referencia a la fertilización, como práctica importante de la adición al suelo de nutrientes. Siendo una estrategia, los resultados de los análisis del suelo y foliares, propiedades químicas, pH, salinidad, textura de suelo, riego, materia orgánica, edad fisiológica del árbol (Jóvenes, viejos, intermedio).

Deficiencia de potasio y potasio adecuado

Finalmente, la cosecha tuvo una producción variada en promedio de 150 kg/plantas los mismos que tuvieron distanciamientos variables de 12mts x 12mts, para un total de 12 hectáreas evaluadas en el diagnóstico de la absorción de macro y micronutrientes en el cultivo de pecano variedad Mahan del predio Santa Julia en Santiago-Ica.

III. RESULTADOS

TABLA 4

MUESTRA 1: ANÁLISIS FOLIAR, ESTADO FENOLOGICO: BROTAMIENTO E INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO EN CULTIVO DE PECANO CULTIVAR MAHAN.

Parámetro		Resultado			Interpretación	Fuente de laboratorio
		Unidades		kg/ha		
Nitrógeno Total	(N)	%	2.98	9.11	Alto	Valle Grande
Fósforo Total	(P)	%	0.31	0.94	Alto	Valle Grande
Potasio Total	(K)	%	1.28	3.91	Normal	Valle Grande
Calcio Total	(Ca)	%	1.64	5.01	Normal	Valle Grande
Magnesio Total	(Mg)	%	0.36	1.10	Normal	Valle Grande
Azufre Total	(S)	%	0.14	0.42	Bajo	Valle Grande
Sodio Total	(Na)	%	0.05	0.15	Normal	Valle Grande
Cloro Total	(Cl)	%	0.11	0.33	Bajo	Valle Grande
Cobre Total	(Cu)	ppm	18.05	0.5513	Alto	Valle Grande
Zinc Total	(Zn)	ppm	56.55	0.1730	Normal	Valle Grande
Manganeso Total	(Mn)	ppm	326.00	0.9975	Normal	Valle Grande
Fierro Total	(Fe)	ppm	165.35	0.5059	Normal	Valle Grande
Boro Total	(B)	ppm	56.00	0.1713	Normal	Valle Grande
Materia Seca		%	37.52		--	Valle Grande

Nota: [12] Determinación de los rangos de normalidad para la interpretación foliar en el pecano reporte del análisis foliar de los Laboratorios del Instituto Rural Valle Grande-Cañete. (Los pesos de los nutrientes en kg/ha es información aproximada, según el agricultor de la zona y la materia seca es información del Laboratorio de Química Agrícola)

TABLA 5
MUESTRA 2: ANALISIS FOLIAR, ESTADO FENOLOGICO: FLORACIÓN E
INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO EN EL CULTIVO DE PECANO CULTIVAR
MAHAN.

Parámetro		Resultado			Interpretación	Fuente de laboratorio
		Unidades		kg/ha		
Nitrógeno Total	(N)	%	2.48	15.17	Alto	Valle Grande
Fósforo Total	(P)	%	0.18	1.10	Bajo	Valle Grande
Potasio Total	(K)	%	1.29	7.89	Normal	Valle Grande
Calcio Total	(Ca)	%	1.81	11.07	Normal	Valle Grande
Magnesio Total	(Mg)	%	0.39	2.08	Normal	Valle Grande
Azufre Total	(S)	%	0.13	0.79	Bajo	Valle Grande
Sodio Total	(Na)	%	0.04	0.24	Alto	Valle Grande
Cobre Total	(Cu)	ppm	15.10	0.7956	Alto	Valle Grande
Zinc Total	(Zn)	ppm	43.50	0.2662	Normal	Valle Grande
Manganeso Total	(Mn)	ppm	442.50	0.2708	Normal	Valle Grande
Fierro Total	(Fe)	ppm	157.45	0.9635	Normal	Valle Grande
Boro Total	(B)	ppm	91.00	0.5569	Normal	Valle Grande
Materia Seca		%	48.74	-	--	Valle Grande

Nota: [12] Determinación de los rangos de normalidad para la interpretación foliar en el pecano y reporte del análisis foliar de los Laboratorios del Instituto Rural Valle Grande-Cañete. (Los pesos de los nutrientes en kg/ha es información aproximada, según el agricultor de la zona y la materia seca es información del Laboratorio de Química Agrícola)

TABLA 6
MUESTRA 3: ANÁLISIS FOLIAR, ESTADO FENOLÓGICO: MADURACION E
INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO EN EL CULTIVO DE PECANO CULTIVAR
MAHAN.

Parámetro			Resultado		Interpretación	Fuente de laboratorio
			Unidades	kg/ha		
Nitrógeno Total	(N)	%	2.07	15.83	Normal	Valle Grande
Fósforo Total	(P)	%	0.15	1.14	Normal	Valle Grande
Potasio Total	(K)	%	0.81	6.19	Alto	Valle Grande
Calcio Total	(Ca)	%	1.88	14.38	Normal	Valle Grande
Magnesio Total	(Mg)	%	0.22	1.68	Bajo	Valle Grande
Azufre Total	(S)	%	0.17	1.30	Bajo	Valle Grande
Sodio Total	(Na)	%	0.08	0.61	Normal	Valle Grande
Cloro Total	(Cl)	%	0.18	1.37	Bajo	Valle Grande
Cobre Total	(Cu)	ppm	7.50	0.5737	Normal	Valle Grande
Zinc Total	(Zn)	ppm	33.55	0.2566	Normal	Valle Grande
Manganeso Total	(Mn)	ppm	719.00	0.5500	Alto	Valle Grande
Fierro Total	(Fe)	ppm	156.45	0.1196	Normal	Valle Grande
Boro Total	(B)	ppm	194.50	0.1497	Alto	Valle Grande
Materia Seca		%	44.10	-	-	Valle Grande

Nota: [12] Determinación de los rangos de normalidad para la interpretación foliar en el pecano y reporte del análisis foliar de los Laboratorios del Instituto Rural Valle Grande-Cañete. (Los pesos de los nutrientes en kg/ha es información aproximada, según el agricultor de la zona y la materia seca es información del Laboratorio de Química Agrícola)

TABLA 7
FLUCTUACIÓN DE LOS NUTRIENTES EN LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE PECANO (*Carya illinoensis* Koch).
VARIEDAD MAHAN, PREDIO SANTA JULIA SANTIAGO-ICA

Parámetro		Unidad	Brotamiento Muestra 1		Floración Muestra 2		Maduración Muestra 3	
Macronutrientes								
Nitrógeno Total	(N)	%	2.98	9.11	2.48	15.17	2.07	15.83
Fósforo total	(P)	%	0.31	0.94	0.18	1.10	0.15	1.14
Potasio total	(K)	%	1.28	3.91	1.29	7.89	0.81	6.19
Calcio total	(Ca)	%	1.64	5.01	1.81	11.07	1.88	14.38
Magnesio total	(Mg)	%	0.36	1.10	0.39	2.08	0.22	1.68
Azufre total	(S)	%	0.14	0.42	0.13	0.79	0.17	1.30
Micronutrientes								
Sodio total	(Na)	%	0.05	0.15	0.04	0.24	0.08	0.61
Cloro total	(Cl)	%	0.11	0.33	--	--	0.18	1.37
Cobre total	(Cu)	ppm	18.05	0.5513	15.10	0.7956	7.50	0.5737
Zinc total	(Zn)	ppm	56.55	0.1730	43.50	0.2662	33.55	0.2566
Manganeso total	(Mn)	ppm	326.00	0.9975	442.50	0.2708	719.00	0.5500
Fierro total	(Fe)	ppm	165.35	0.5059	157.45	0.9635	156.45	0.1196
Boro total	(B)	ppm	56.00	0.1713	91.00	0.5569	194.50	0.1497
Materia seca		%	37.52	--	48.74	--	44.10	-

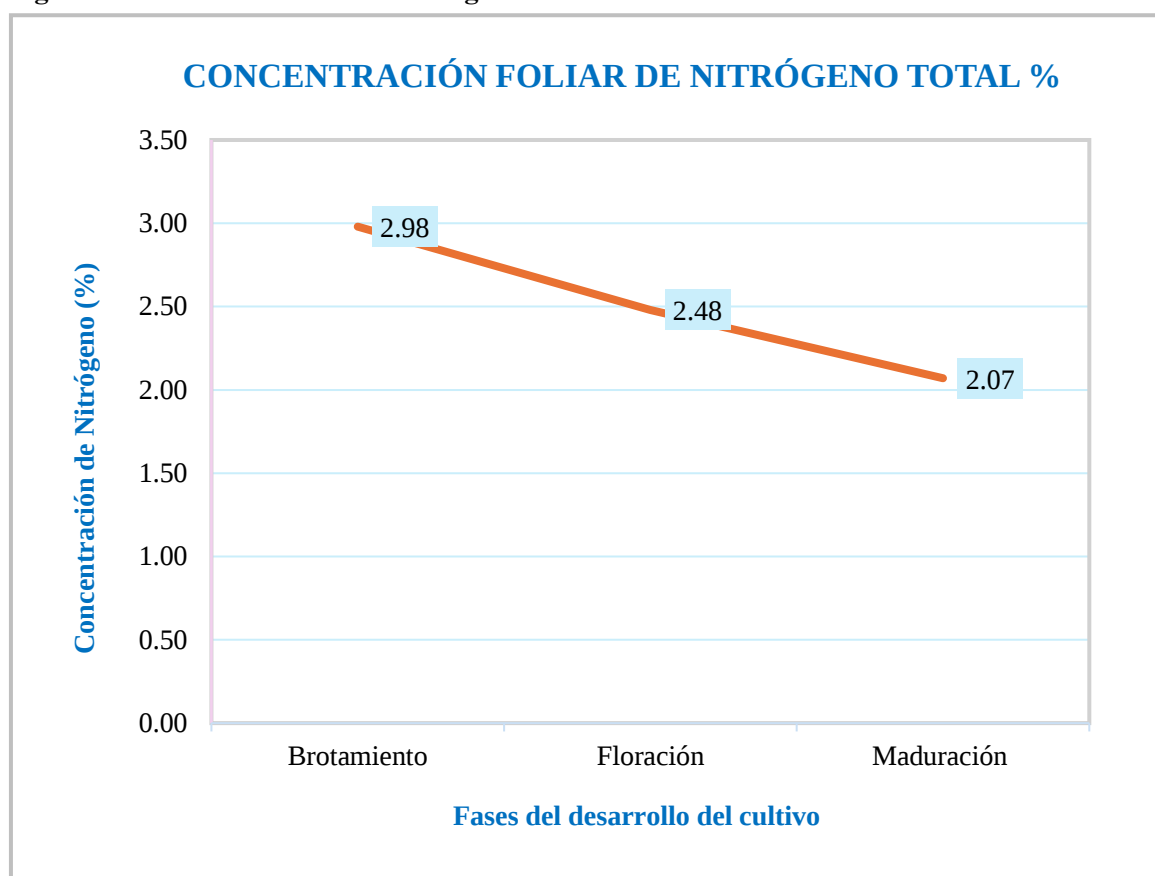
Nota: El análisis de los frutos se realizó en la etapa de maduración en la última muestra foliar.

TABLA 8
CONCENTRACIÓN DEL MACROELEMENTO NITRÓGENO, EN EL TEJIDO FOLIAR EN EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas

Concentración Macroelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Nitrógeno total (%)	2.98	2.48	2.07
kg/ha	9.11	15.17	15.83
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

Fig. 1 Concentración foliar del Nitrógeno total %



Según los resultados obtenidos en el estudio del diagnóstico en la absorción de foliar de éstos, se encontró valores en la primera y segunda muestra de 2.98% (9.11 kg/ha) y 2.40% (15.17 kg/ha) consideradas como alto, la tercera arrojó un valor de 2.07% (15.83 kg/ha), estando en un rango normal (Estado fenológico de maduración).

El Nitrógeno es un componente crucial para el crecimiento de la planta y también es esencial en las etapas de floración y producción de frutos. No obstante, su provisión debe ser equilibrada, ya que un exceso puede favorecer en demasía el desarrollo de las hojas y perjudicar el correcto desarrollo de los frutos.[13]

TABLA 9
CONCENTRACIÓN DEL MACROELEMENTO FÓSFORO, EN EL TEJIDO FOLIAR
EN EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas</i>			
Concentración Macroelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fósforo total (%)	0.31	0.18	0.15
kg/ha	0.94	1.10	1.14
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

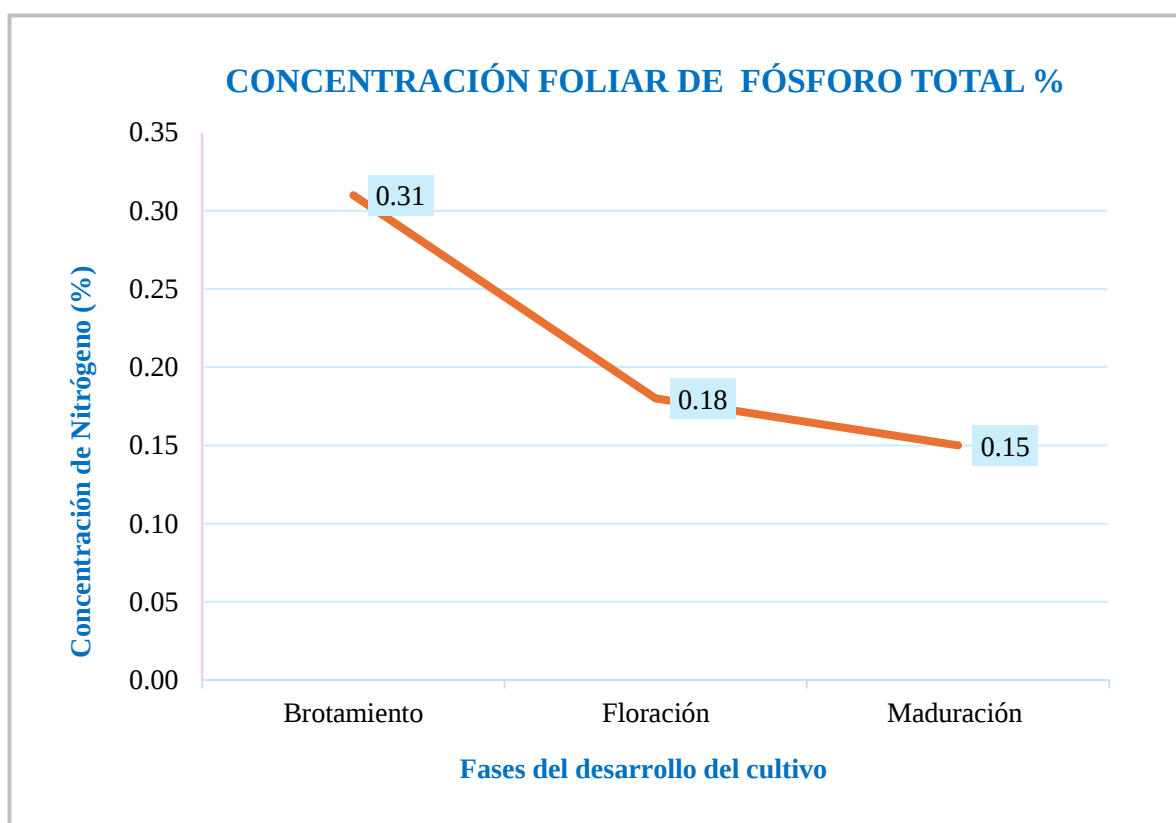


Fig. 2 Concentración foliar de Fósforo total %

En la etapa del brotamiento, tuvo resultado 0.31% (0.94 kg/ha) considerado bajo, y en las etapas de floración el resultado del valor fue de 0.18% (1.10 kg/ha) siendo para estas etapas bajo, regularizando en la etapa de la maduración con 0.15% (1.14 kg/ha) considerado normal.

El Fósforo es imprescindible para la cosecha de nueces pecanas. Cualquier falta de estos elementos debe corregirse antes de plantar. Si se hace antes de sembrar, es probable que las aplicaciones después sean escasas; la concentración de Fósforo en el follaje (Hojas) no debe superar el 0.14% en frutales [14]

TABLA 10
CONCENTRACIÓN DEL MACROELEMENTO POTASIO, EN EL TEJIDO FOLIAR
EN EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas</i>			
Concentración Macroelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Potasio total (%)	1.28	1.29	0.81
kg/ha	3.91	7.89	6.19
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

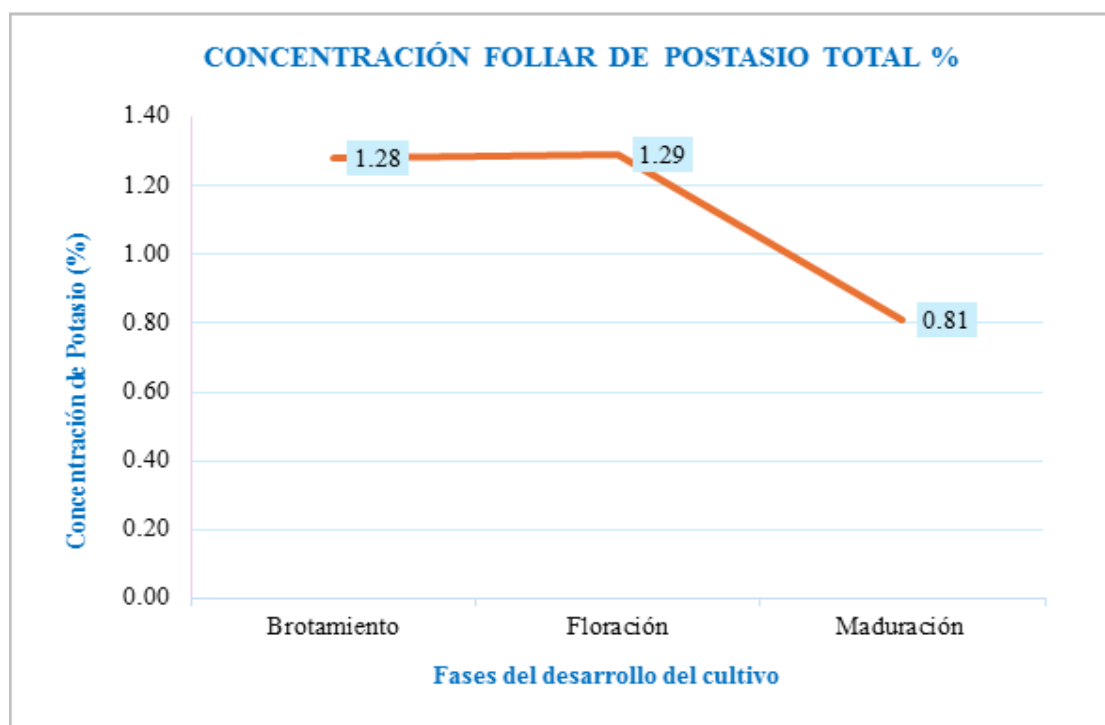


Fig. 3 Concentración foliar de Potasio total %

Según la obtención de registro de sus valores, en la primera muestra del estado fenológico de brotamiento arrojó 1.28% (3.91 kg/ha) considerado alto, para la floración 1.29% (7.89 kg/ha) resultado con valores normales en el rango de interpretación respectivamente.

El K es absorbido en grandes cantidades y resulta crucial para su reproducción y crecimiento de la planta de pecano, es esencial mantener niveles apropiados de este nutriente en el suelo, sobre todo en las primeras fases del desarrollo de los cultivos. [15] La deficiencia de potasio puede causar que el crecimiento vegetativo y el de los frutos disminuyan, mientras que la tensión hídrica aumenta. Los síntomas se presentan como amarillamiento marginal y ardiente de las hojas más viejas, ya que el potasio es un nutriente móvil en la planta, mientras que la parte central de la hoja continúa siendo verde. [16]

TABLA 11
CONCENTRACIÓN DEL MACROELEMENTO CALCIO, EN EL TEJIDO FOLIAR EN
EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de hojas</i>			
Concentración Macroelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Calcio total (%)	1.64	1.81	1.88
Kg/ha	5.01	11.07	14.38
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

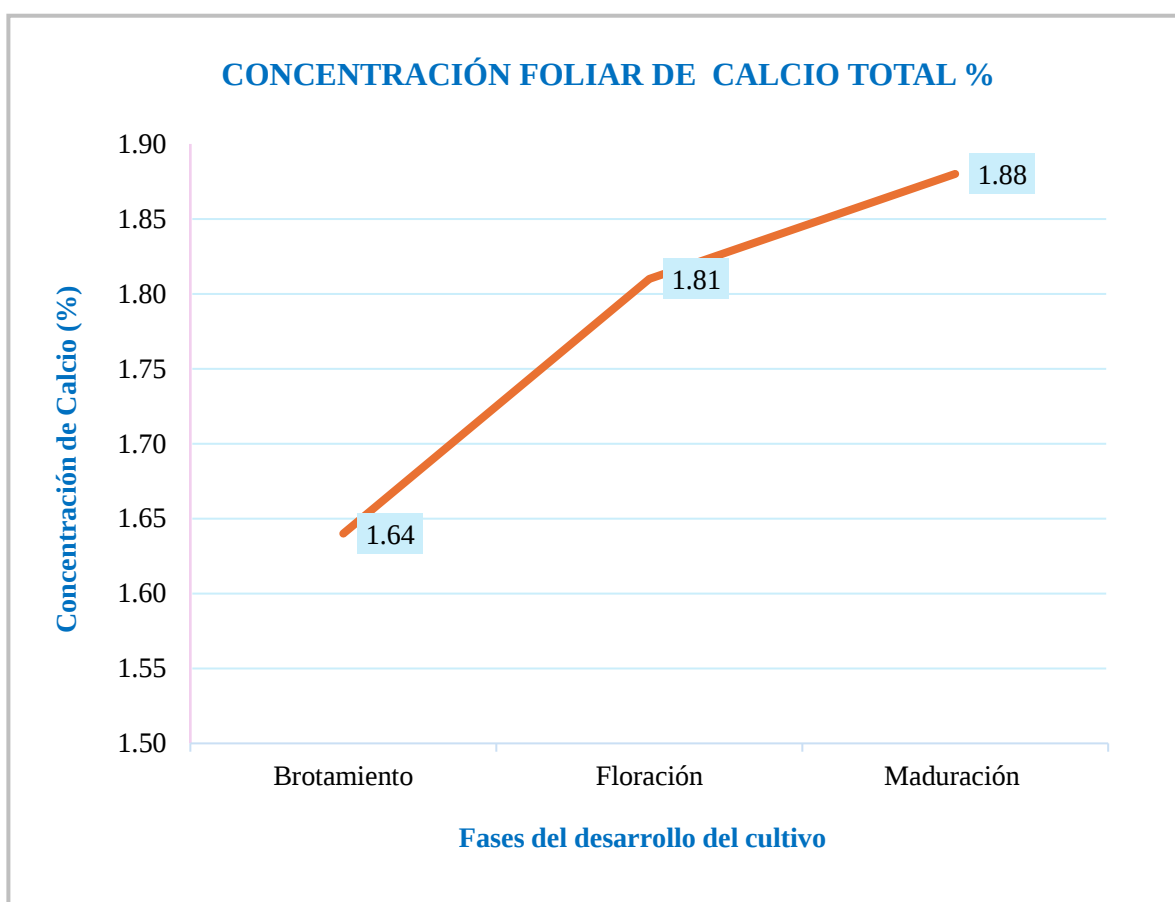


Fig. 4 Concentración foliar de Calcio Total %

Este elemento, su resultado tuvo en valor en la muestra 1 (Brotamiento) 1.64% (5.01 kg/ha) considerarlo normal, en las etapas de floración su resultado fue 1.81% (11.07 kg/ha), también normal y en la etapa de maduración arrojó 1.88% (14.38 kg/ha) de valor normal. Como explica [9] que, los niveles de valores normales de Calcio presentan una concentración foliar normal variando entre 1.49% al 2.02% en todas las etapas.

TABLA 12
CONCENTRACIÓN DEL MACROELEMENTO MAGNESIO, EN EL TEJIDO FOLIAR
EN EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de hojas</i>			
Concentración Macroelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Magnesio total (%)	0.36	0.39	0.22
Kg/ha	1.10	2.08	1.68
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

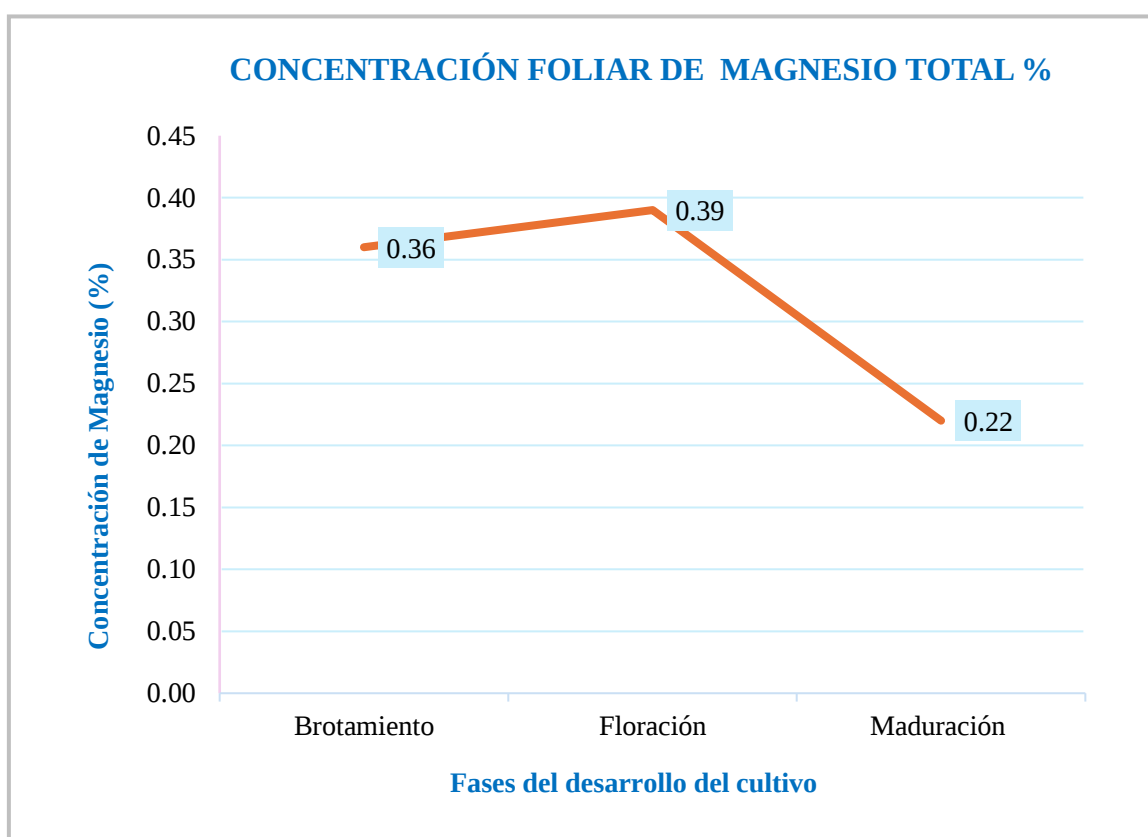


Fig. 5 Concentración foliar de Magnesio total %

Para la primera muestra registro un valor de 0.36% (1.10 kg/ha) en brotamiento, considerado normal, la segunda en la floración fue de 0.39% (2.08 kg/ha) también estuvo normal, y la tercera muestra a la maduración su resultado fue de 0.22% (1.68 kg/ha) considerado de valor bajo en la interpretación para este nutriente, evidenciando esta deficiencia al final de esta etapa fenológica, a lo que se debe tener en cuenta.

Según [19], señalan que las pruebas de las hojas revelan cifras bajas del 0.23%, en este caso, es fundamental agregar una mayor cantidad de guano de invernada y arcilla para optimizar la fertilidad física y química del terreno.

TABLA 13
CONCENTRACIÓN DEL MACROELEMENTO AZUFRE, EN EL TEJIDO FOLIAR
EN EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de hojas</i>			
Concentración Macroelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Azufre total (%)	0.14	0.13	0.17
Kg/ha	0.42	0.79	1.30
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

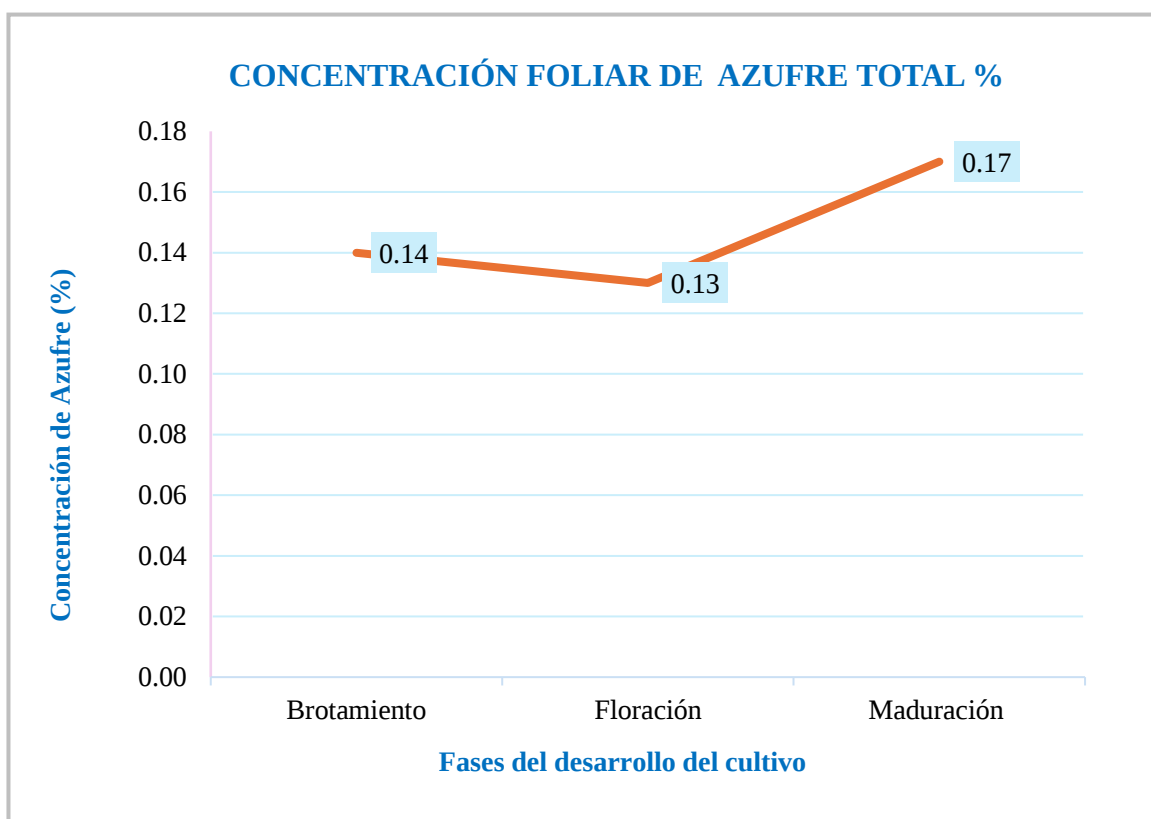


Fig. 6 Concentración foliar de Azufre Total %

Los resultados reflejados en la toma de todas las muestras, arrojaron valores bajos, como 0.14% (0.42 kg/ha), 0.13% (0.79 kg/ha) y 0.17% (1.30 kg/ha) respectivamente, tanto para el brotamiento, floración y la etapa de maduración.

Sostiene [9] que aún con su aplicación en la fertilización del cultivo, el azufre muestra una concentración foliar baja en todas las fases, A pesar de que se alteró su concentración foliar desde 0.08% hasta 0.18%, se deben hacer modificaciones al manejo agronómico del cultivo en el área de la fertilización para el siguiente ciclo.

TABLA 14
REGISTRO GENERAL DE LA EXTRACCION TOTAL DE MACRONUTRIENTES EN
EL CULTIVO DEL PECANO CULTIVAR MAHAN, PREDIO SANTA JULIA,
SANTIAGO-ICA.

Parámetro	UN		Brotamiento		Floración - Fructificación		Maduración	
			Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Nitrógeno Total	(N)	%	2.98	9.11	2.48	15.17	2.07	15.83
Fósforo total	(P)	%	0.31	0.94	0.18	1.10	0.15	1.14
Potasio total	(K)	%	1.28	3.91	1.29	7.89	0.81	6.19
Calcio total	(Ca)	%	1.64	5.01	1.81	11.07	1.88	14.38
Magnesio total	(Mg)	%	0.36	1.10	0.39	2.08	0.22	1.68
Azufre total	(S)	%	0.14	0.42	0.13	0.79	0.17	1.30

En el registro se aprecia unificación de la extracción total, es decir, de la absorción de los macro y micronutrientes absorbidos por la planta durante el desarrollo de sus etapas fenológicas. Estos registros de consolidación del proceso de la data, permitió a los involucrados del predio Santa Julia, del sector de Santiago, a realizar o ejecutar de forma eficiente una buena fertilización de este cultivo de pecano cultivar Mahan para las siguientes campañas agrícolas.

Según [20], el pecano requiere los macronutrientes en cantidades más grandes; estos son: S, Ca, P, N, K y Mg. El nutriente que más se necesita es el N, los pecanos se desarrollan con rapidez y requieren de un volumen considerable de este elemento para su producción. El zinc se utiliza a menudo en los pecanos de cultivares mejorados mediante pulverización foliar, esto garantiza que el árbol lo absorba rápidamente. Durante la primavera, los árboles jóvenes y de rápido crecimiento requieren que se les aplique zinc en sus brotes recientes. Por lo tanto, las funciones primordiales de los nutrientes mayores o macronutrientes son producir o generar proteínas, ácidos nucleicos y clorofila; activar enzimas; realizar la fotosíntesis y trasladar azúcar.

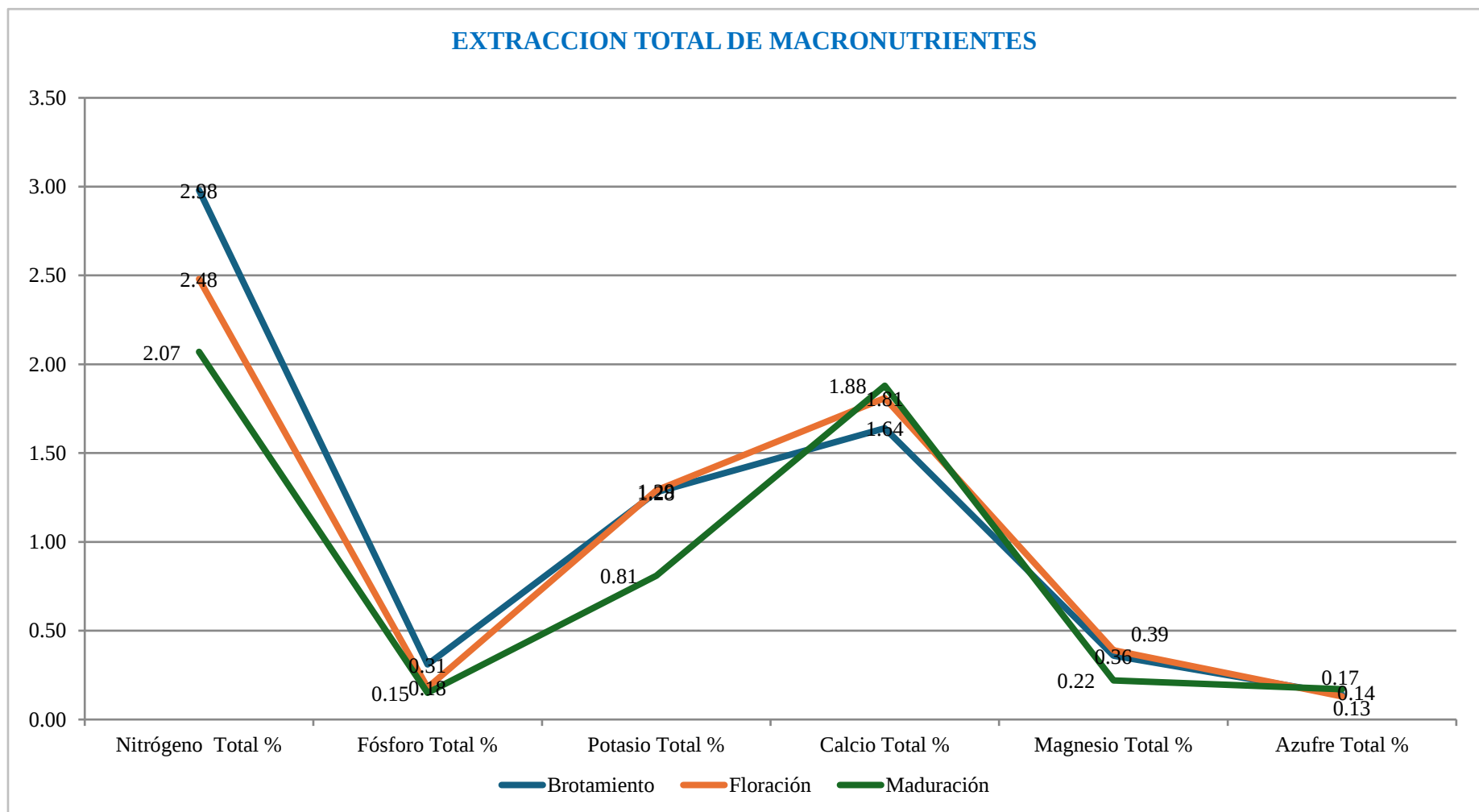
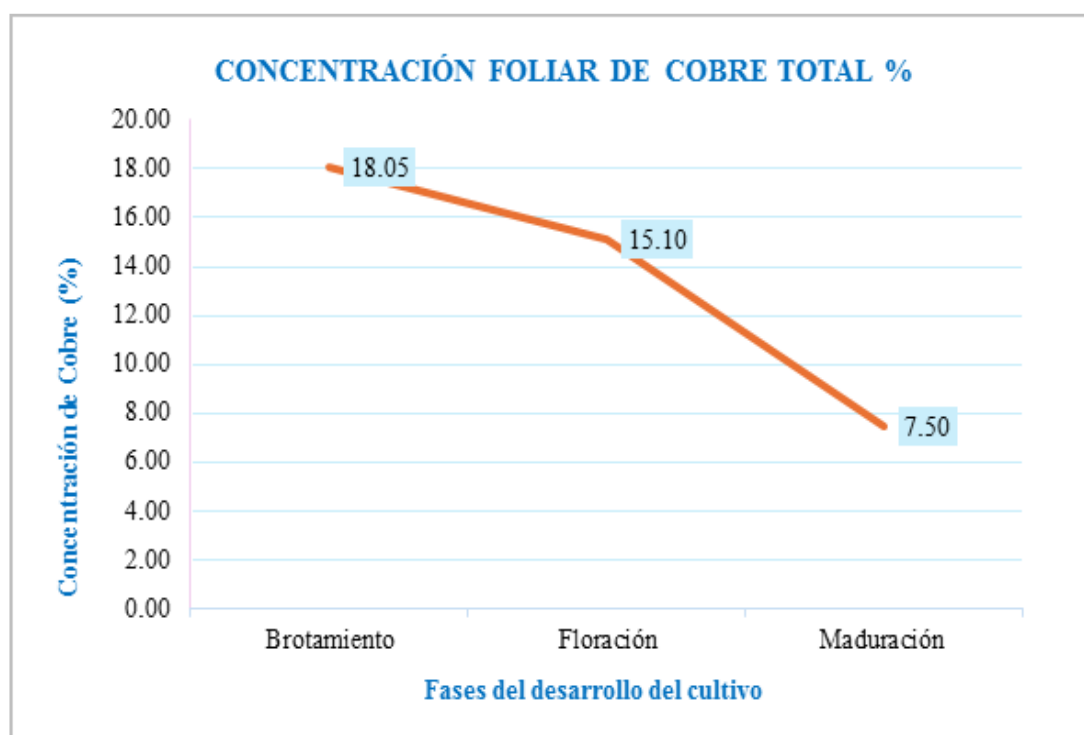


Fig. 7 Consolidado general de macronutrientes en el cultivo de Pecano variedad Mahan

TABLA 15
CONCENTRACIÓN DEL MICROELEMENTO DE COBRE, EN EL TEJIDO FOLIAR
EN EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de hojas</i>			
Concentración Macroelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Cobre total (%)	18.05	15.10	7.50
Kg/ha	0.5513	0.7956	0.5737
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración



El Cobre actúa unido al Manganeseo y Zinc como movilización y utilización de otros nutrientes como micronutrientes tiene en las 2 primeras muestras de 18.05 ppm (0.5513 kg/ha) y 15.10 ppm (0.7956 kg/ha), siendo altos y la tercera a la maduración estuvo en 7.50 ppm (0.5737 kg/ha) considerado normal. Según [1], señala que es un nutriente inmóvil en la planta, el contenido o cantidad promedio dentro de esta puede ir de 1 a 25.00 ppm, plantas con alta demanda oscilan con valor críticos o deficientes de 7 ppm y plantas con demanda baja consideran valores críticos con solo 4 ppm, encontrándose deficiencias las diferentes especies vegetales en cuanto a la demanda de este microelemento.

TABLA 16
CONCENTRACIÓN DEL MICROELEMENTO ZINC, EN EL TEJIDO FOLIAR EN EL
CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas</i>			
Concentración Microelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Zinc total (%)	56.55	43.50	33.55
kg/ha	0.1730	0.2662	0.2566
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

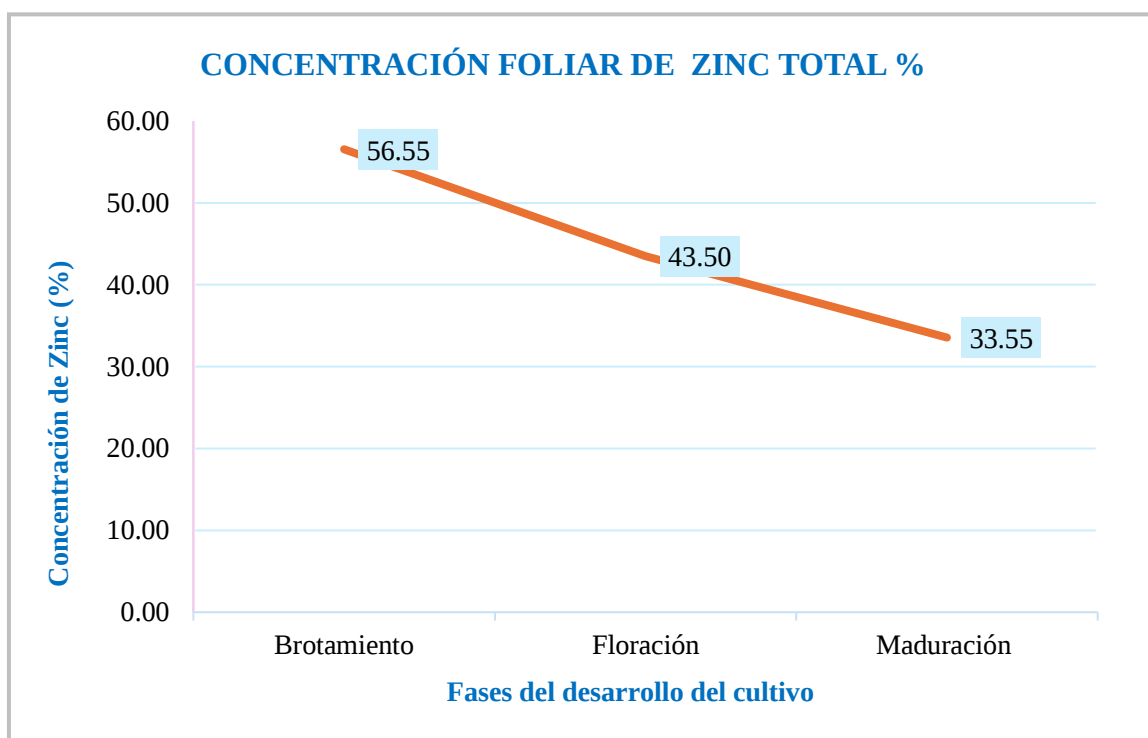


Fig. 9 Concentración foliar de Zinc Total %

Como microelemento los resultados de las muestras tomadas, tuvieron resultados con valores normales como fueron de 56.55 ppm (0.1730 kg/ha), 43.50 ppm (0.2662 kg/ha) y 33.55 ppm (0.2566 kg/ha) respectivamente, siendo valores normales de mayor a menor o de subida o bajada. Estudios refieren que, en tejidos florales, los niveles podrán estar entre 80-100%, superior a la síntesis de la flor (Apertura de flor) de las hojas adyacentes. Según [20] indica que el síntoma habitual del déficit de zinc es la acumulación o el acortamiento de los entrenudos. Un fitoplasma es un patógeno de las plantas que se propaga mediante injertos, es la causa de la enfermedad del racimo.

TABLA 17
CONCENTRACIÓN DEL MICROELEMENTO MANGANESO, EN EL TEJIDO
FOLIAR EN EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas</i>			
Concentración Microelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Manganeso total (%)	326.00	442.50	719.00
kg/ha	0.9975	0.2708	0.5500
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

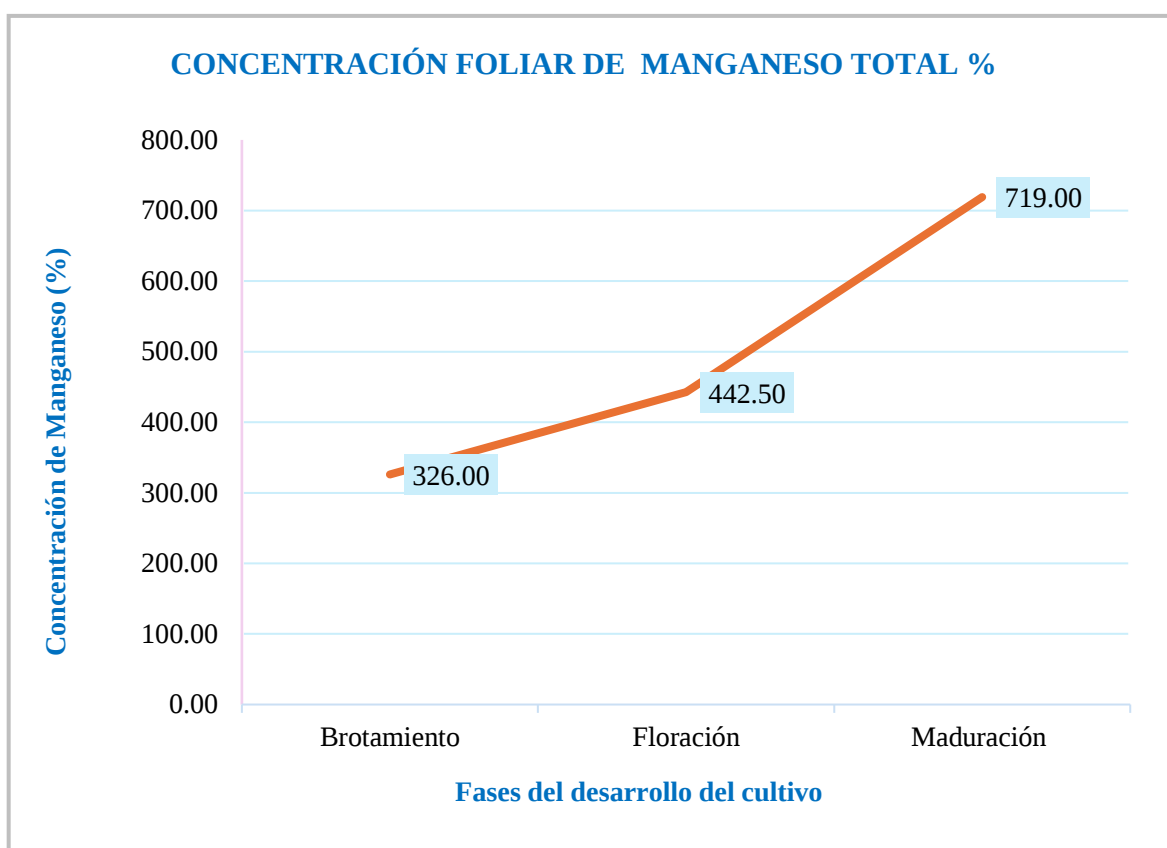


Fig. 10 Concentración foliar de Manganeso Total %

Considerado como esencial para el proceso de la respiración y metabolismo en el caso del Nitrógeno, en estos procesos actúa como un catalizador de enzimas. Las concentraciones de los resultados obtenidos según las muestras para las 2 primeras fueron normales con valores de 326.00 (0.9975 kg/ha) y 442.50 ppm (0.2708 kg/ha) respectivamente no así para el resultado de la tercera muestra o etapa de la maduración que fue alta con 719.00 ppm (0.5500 kg/ha), lo que se debe de tener en cuenta. Según refiere [21] el Mn es un elemento fundamental, ya que participa en diferentes procesos metabólicos, sobre todo la fotosíntesis y como cofactor antioxidante enzimático. No obstante, las plantas son perjudicadas cuando hay un exceso, la fitotoxicidad del Mn se presenta como una disminución en la fotosíntesis y la biomasa, además de desórdenes bioquímicos tal es así que se evidencia un estrés oxidativo.

TABLA 18
CONCENTRACIÓN DEL MICROELEMENTO FIERRO, EN EL TEJIDO FOLIAR EN
EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas</i>			
Concentración Microelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fierro total (%)	165.35	157.45	156.45
kg/ha	0.5059	0.9635	0.1196
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

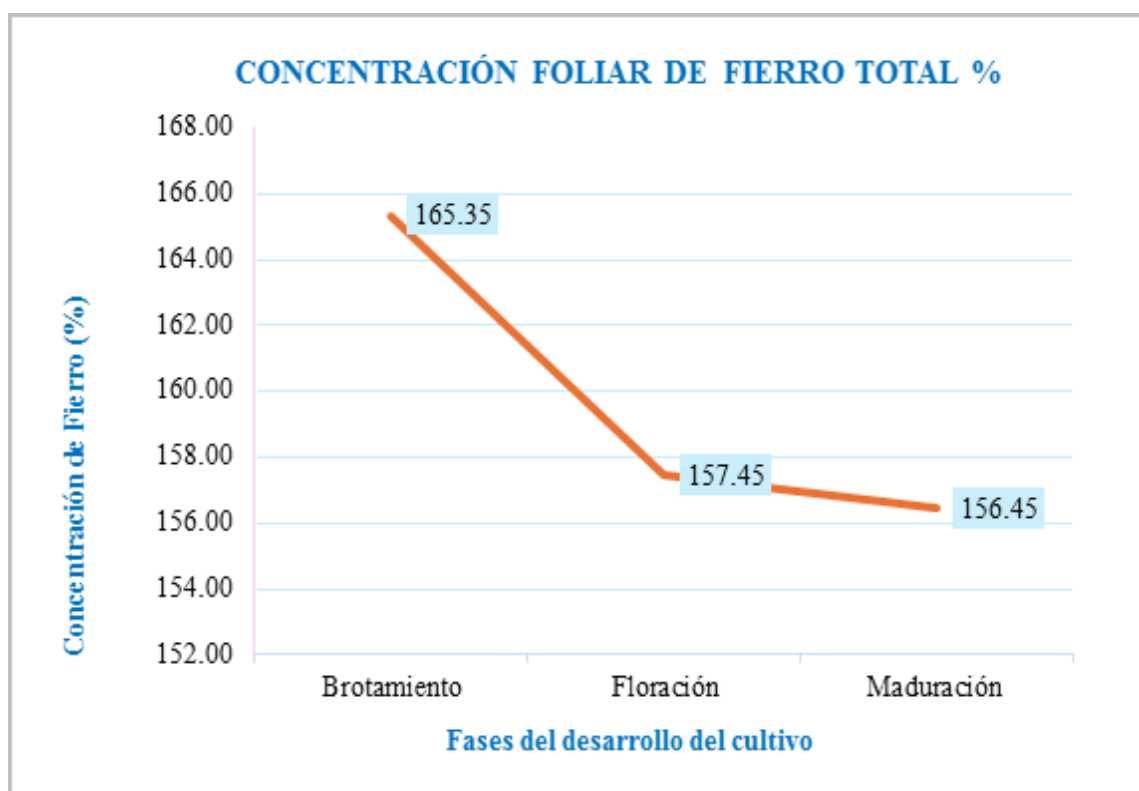


Fig. 11 Concentración foliar de Fierro Total %

Se aprecia los resultados de las muestras tomadas con valores normales como fueron de 165.35 ppm (0.5059 kg/ha), 157.45 ppm (0.9635 kg/ha) y 156.45 ppm (0.1196 kg/ha) respectivamente. Según [10] señala en su estudio que los resultados obtenidos han posibilitado que se realicen cambios en la fertilización de los cultivos y permitirán que en temporadas posteriores se efectúen las modificaciones necesarias en la gestión agronómica asociada a la fertilización del cultivo de nuez pecana. Además, los valores de concentración adecuados y normales de este microelemento garantizan una buena calidad del producto y una producción óptima.

TABLA 19

**CONCENTRACIÓN DEL MICROELEMENTO BORO, EN EL TEJIDO FOLIAR EN
EL CULTIVO DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.**

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas</i>			
Concentración Microelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Boro total (%)	56.00	91.00	194.50
kg/ha	0.1713	0.5569	0.1497
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

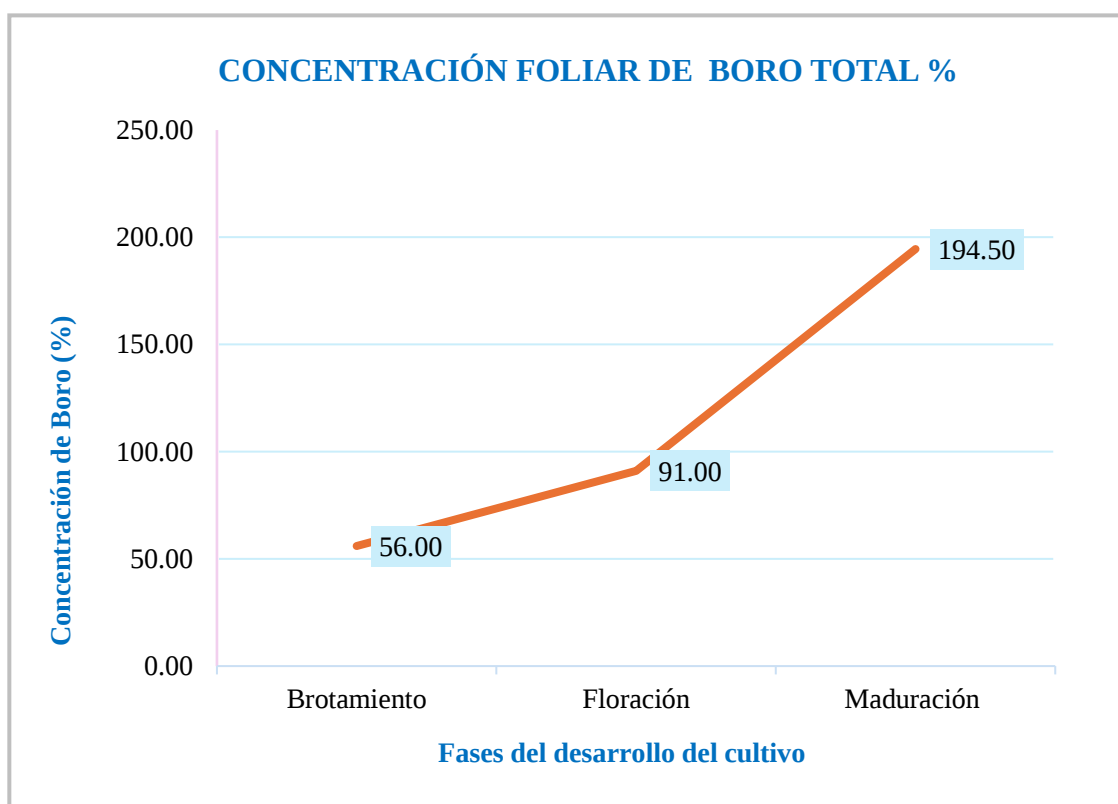


Fig. 12 Concentración foliar de Boro Total %

De los resultados registrados, tuvieron valores normales para las etapas del brotamiento, floración, con resultados de 56.00 ppm (0.1713 kg/ha) y 91.00 ppm (0.5569 kg/ha) respectivamente. No obstante, para la maduración del cultivo que fue 194.50 ppm (0.1497 kg/ha). Al respecto [22], señala que los niveles por debajo de lo recomendado muestran una deficiencia, mientras que los valores superiores a 100 ó 200 ppm son tóxicos y generar necrosis, la deformación del fruto y la quemadura en el borde de las hojas, lo cual incide negativamente tanto en el rendimiento como en el cuaje de los frutos. Los análisis de suelo y follaje son fundamentales, ya que el Boro es esencial para la floración y la formación del fruto.

TABLA 20
CONCENTRACIÓN DE MATERIA SECA, EN EL TEJIDO FOLIAR EN EL CULTIVO
DE PECANO, CULTIVAR MAHAN.

<i>Parámetros: Análisis foliar nutricional de las hojas</i>			
Concentración Microelemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Materia seca (%)	37.52	48.74	44.10
Estado fenológico	Brotamiento	Floración	Maduración

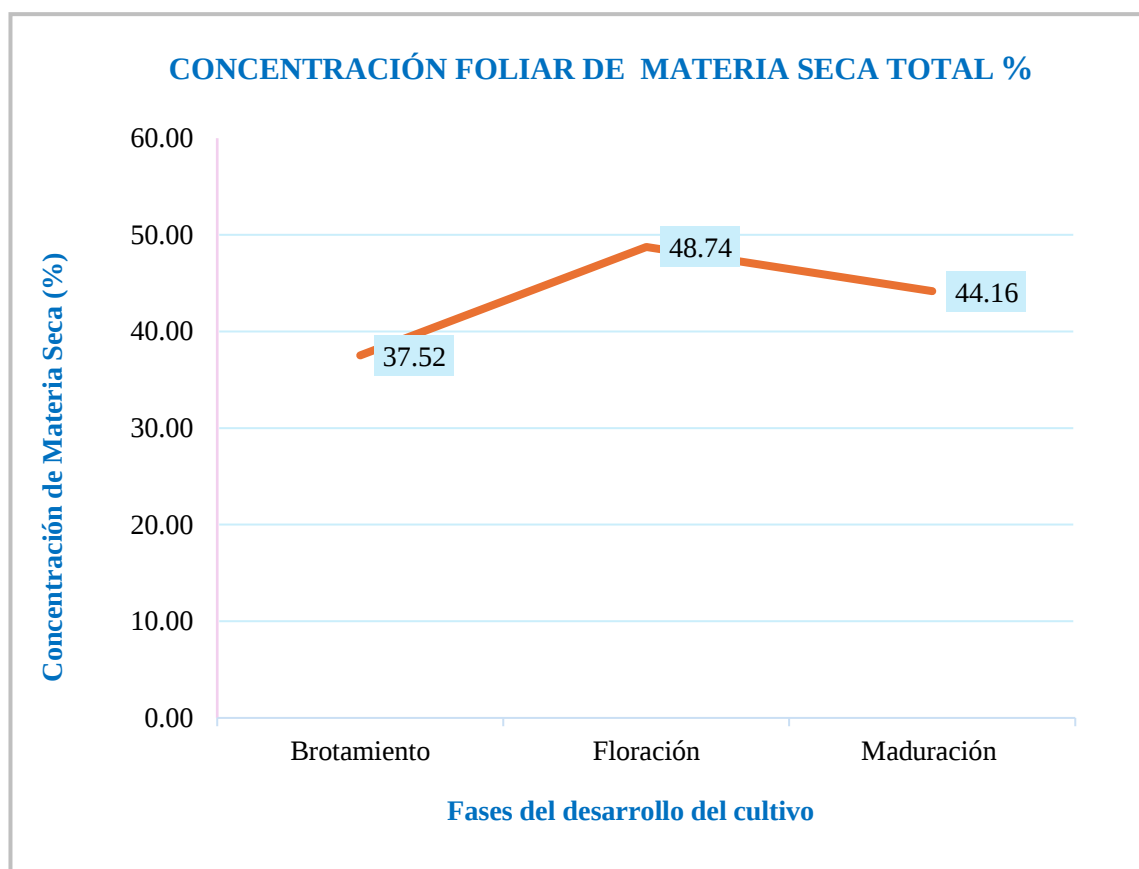


Fig. 13 Concentración foliar de Materia Seca (%)

Es considerado como la parte que queda de tomado de muestras de aproximado de las 50 hojas, sacadas de la parte media del frutal (Pecano), y a la que se le ha extraído el agua, por medio de un secado forzado en laboratorio. No se cuantificó al mismo la materia seca, siendo estas con valores como la primera de 37.52%, la segunda 48.74% y la tercera 44.16% respectivamente, datos proporcionados por laboratorio, según resultado de análisis.

TABLA 21
REGISTRO GENERAL DE MICROELEMENTOS EN EL CULTIVO DE PECANO
CULTIVAR MAHAN

Parámetro	UN		Brotamiento		Floración -		Maduración	
			Muestra 1		Fructificación		Muestra 3	
					Muestra 2			
Sodio total	(Na)	%	0.05	0.15	0.04	0.24	0.08	0.61
Cloro total	(Cl)	%	0.11	0.33	--	--	0.18	1.37
Cobre total	(Cu)	ppm	18.05	0.5513	15.10	0.7956	7.50	0.5737
Zinc total	(Zn)	ppm	56.55	0.1730	43.50	0.2662	33.55	0.2566
Manganeso total	(Mn)	ppm	326.00	0.9975	442.50	0.2708	719.00	0.5500
Fierro total	(F)	ppm	165.35	0.5059	157.45	0.9635	156.45	0.1196
Boro total	(Br)	ppm	56.00	0.1713	91.00	0.5569	194.50	0.1497
Materia seca		%	37.52	--	48.74	--	44.10	--

P. Escobar et al [23] señala la materia seca es la parte que queda de las muestras de las 50 hojas, recolectadas para el análisis respectivo (Materia verde), a la que se le ha extraído el agua, por medio de un forzado secado.

Los micronutrientes que son absorbidos por frutos del pecano en mayor cantidad son el Boro, Zinc, Cobre y Hierro.

Por consiguiente, todo micronutriente debería ser de vuelta al suelo o directo al árbol, en cantidades que es exportada por la fruta, más un coeficiente de eficiencia apropiada. Entonces, asimismo nutriente alguno no puede ser reemplazado por otros, y por lo tanto un nivel alto de elemento o nutriente en el suelo, o en planta no compensa la deficiencia o déficit de otros elementos, en aplicación a las leyes de la fertilización.

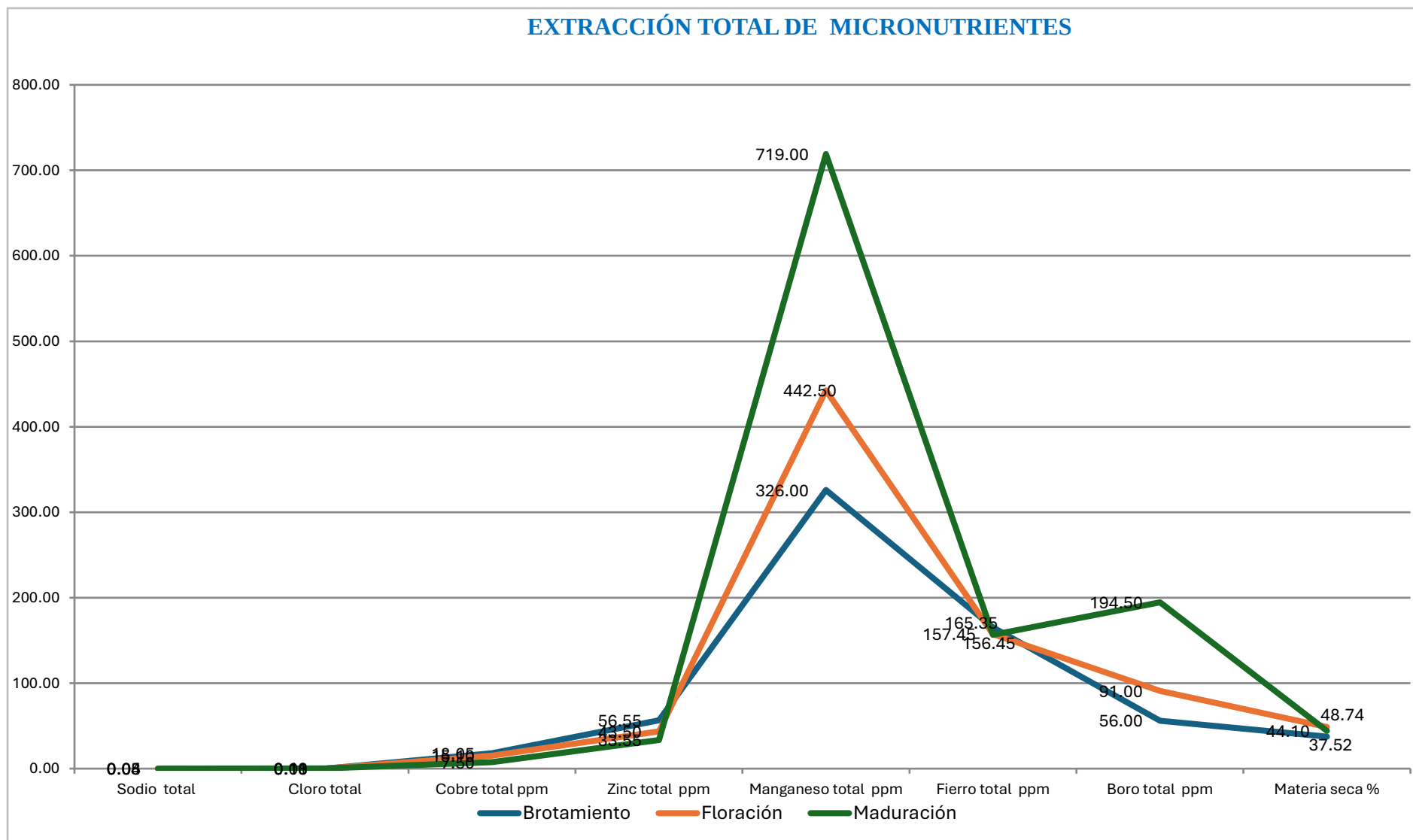


Fig. 14 Extracción total de micronutrientes en el cultivo de pecano variedad Mahan

IV. DISCUSIÓN

4.1. Discusión de resultados

4.1.1. Concentración de macro y micronutrientes en suelo del cultivo de pecano

Según la tabla 1 análisis físico - mecánico de suelo, se aprecia que el suelo tiene una textura franca siendo ideal para las condiciones del cultivo

En la tabla 2 análisis químico de suelo el Nitrógeno su concentración fue bajo, igual a la materia orgánica, el Potasio estuvo alta, Carbonato de Calcio bajo, conductividad eléctrica normal con pH alcalino. Calcio, Magnesio y Sodio Normal, el Microelemento Potasio alto, el C.I.C.E. medio lo que no afectaron al desarrollo fenológica del cultivo, rendimiento y calidad de los frutos.

Según la tabla 3 el clima meteorológico no le fue adverso, registrándose los máximos de 34.0°C en el mes de marzo 2025 y la mínima en el mes de agosto 2024 con 13. 0° C.

De la humedad relativa, se desarrolló en condiciones normales, siendo la mínima en el mes de setiembre del 2024 un 55.1% y la mayor en el mes de mayo 2025 con 86% y de las horas de sol se registró la mayor en el mes de enero 2025 con 10.3 y la menos en el mes de abril del 2025 con 7.7.

Aduciendo estos valores meteorológicos en condiciones normales para el desarrollo de las diferentes etapas fenológicas del cultivo de pecano cultivar Mahan del predio Santa Julia, Santiago-Ica.

Al igual de los registros meteorológicos no le fueron adversos a la conducción normal del cultivo de pecano del predio Santa Julia.

4.1.2. Concentración de Macro y Microelementos

Al respecto refiero que finalizada el estudio de la tesis titulada “Diagnóstico de la absorción foliar de elementos nutricionales en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis* K.) cultivar Mahan en el sector de Santiago- Ica en el predio Santa Julia, bajo conducción de riego por gravedad, a lo que se registró el diagnóstico de la concentración de los macro y micronutrientes o de los elementos nutricionales, pudiéndose diagnosticar estos, y realizar oportunas correcciones en el programa de abonamiento y fertilización a través del adecuado diagnóstico del mismo en la campaña siguiente o año 2026, garantizando las pequeñas deficiencias que se han presentado en la campaña actual al año 2025.

A lo concerniente de los macronutrientes o elementos nutricionales primarios, se aprecia en la tabla 4 el Nitrógeno alto en el estadio brotamiento, Fósforo su comportamiento estuvo alto, el Potasio su comportamiento fue alto en brotamiento, el Calcio fue normal, Magnesio normal, Azufre bajo. De los micronutrientes el Cobre estuvo alto, Manganeso, Fierro, Boro fue normal.

Asimismo, en la tabla 5 el Nitrógeno fue alto, el Fósforo fue bajo, el Potasio, Calcio y Magnesio estuvo normal, Azufre resultado bajo. De los micronutrientes el Cobre fue alto y Zinc, Manganeso, Fierro y Boro resultados normales.

En la tabla 6 en el tercer estadio de maduración el Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Calcio resultados normales, el Magnesio y Azufre bajo. De los micronutrientes el Cobre y Zinc resultados normales, Manganeso alto, Fierro Normal y Boro Alto.

Refiere [24] que los análisis foliares son instrumentos esenciales para conocer el estado nutricional, detectar excesos o carencias de nutrientes, hacer ajustes precisos de fertilización y diagnosticar problemas poco evidentes a simple vista. Para lograr una lectura precisa que mejore la salud y producción de los cultivos, se deben tomar muestras de la mitad del árbol durante la época máxima, eludiendo hojas dañadas y, si es posible, las hojas intermedias de los brotes nuevos. Para una gestión integral, se sugiere que estos análisis sean complementados con el análisis del suelo.

.

V. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta resultados de la investigación realizada, se sugiere concluir:

- 5.1. Las pruebas foliares hicieron posible una evaluación adecuada de las concentraciones de macro y micronutrientes en el predio Santa Julia. Se registraron valores de N, P, K, Ca y Mg que van desde bajos hasta normales en función de la etapa fenológica, mientras que los niveles de S fueron bajos en todas las etapas; esto confirma la necesidad de modificar el fertilizante.
- 5.2. Se detectaron cambios nutricionales evidentes durante las etapas de brotación, floración y maduración, sobre todo en el P cuyos niveles fueron de alto a bajo y el N su rango de alto a normal. El S se mantuvo constantemente bajo, lo que sugiere un patrón de deficiencia persistente, mientras que el K, el Ca y el Mg normalmente permanecieron dentro de los límites normales.
- 5.3. Los resultados mostraron que el Sodio y Cloro no representaron problemas durante el desarrollo de las diferentes etapas del cultivo de pecano. El Cobre estuvo alto en sus 2 primeras etapas, por lo que se debe disminuir y llegar a su estado normal como en la maduración: Zinc, Manganeso, Hierro y Boro, presentaron valores normales en todas sus etapas fenológicas del desarrollo del pecano, excepto el Boro que tuvo un valor alto en su última etapa y ello se tendrá en cuenta, todo esto valora un futuro plan en la fertilización de campañas futuras.

VI. RECOMENDACIONES

En base a la ejecución del estudio y con referencia a las conclusiones se sugiere.

- 6.1. Seguir en la exigencia con la continuación de estudio de investigación en el cultivo de pecano, para la uniformidad de resultados de los datos en las aplicaciones de las diferentes etapas fenológicas del pecano, para el mejoramiento de frutos.
- 6.2. Mejorar en aplicaciones de nutrientes según dosis del Azufre que adolece el cultivo de pecano del predio Santa Julia.
- 6.3. Sugerir a los agricultores de la zona de Santiago en la realización de análisis de suelo, agua, foliares y otros que conduzcan al mejoramiento de los rendimientos y calidad del pecano.
- 6.4. Emplear estrategias adecuadas con la mayor incorporación de materia orgánica y equilibrar el pH para una mejor asimilación de los macro y micronutrientes al cultivo del pecano en forma oportuna.
- 6.5. Se recomienda la siguiente fórmula de fertilización para la próxima campaña $N = 220$, $P = 120$, $K = 120$, $Ca = 100$, $Mg = 100$, $S = 100$, con aplicaciones de 15 toneladas de guano de invernada por hectárea.
- 6.6. Comparar como influye la incidencia del pulgón amarillo (*Monellia caryella*) con respecto a la fertilización del suelo y rendimiento del pecano.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Intagri S.C. “Las curvas de absorción de nutrientes. Nutrición vegetal”.l. Extraído <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-curvas-de-absorcion-de-nutrientes>
- [2] Agencia agraria de noticias. Perú cuenta con más de 3.700 hectáreas de pecano. 12 setiembre 2025. [en línea]. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-140-2022-inei.pdf>
- [3] E. Santiago, et al. “Propiedades del suelo y follaje del nogal pecanero en la región norte de Coahuila”, México, Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, vol.5, n.2, pp. 2050-2060, 2022 [en línea]. Disponible: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/49225>
- [4] C. Medina. “Concentración de nutrientes y producción de pacana del nogal pecanero, en tres años”, ITEA, vol. 96, n° 2, pp. 139-146, 2000 [en línea]. Disponible: https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2000/96V-2/96V-2_06.pdf
- [5] J. Rodríguez; C. Watts, J. Garatuza, C. Lizárraga; J. Grageda, A Ochoa; S. Moreno, M. Renteria. (octubre 2011). “Evapotranspiración y balance hídrico en nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch) en la costa de Hermosillo”, México. [On Line] Disponible en: <https://dagus.unison.mx/publicaciones/congresos/XIV%20Congreso%20Internacional/Evapotrnspiraci%C3%B3n%20y%20balance%20h%C3%ADdrico%20en%20nogal.pdf>
- [6] J. Salas. “Determinación de la concentración foliar de elementos nutricionales en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis* Koch) variedad Mahan en la zona baja de valle de Ica”. 2021.
- [7] K. Albites. Diagnóstico foliar de la fertilización de macro y micronutrientes en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis koch*) variedad Mahan en la zona de Santiago-Ica. 2024.
- [8] E. Pereyra y F. Nuñez. Determinación del ritmo de concentración de macro y micronutrientes en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis koch*) variedad Mahan en la zona baja del valle de Ica. 2019
- [9] J. Cuya. Determinación de la concentración foliar de elementos mayores y menores en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis koch*) en la zona baja del valle de Ica. 2022
- [10] M. Gutiérrez. Determinación del ritmo de concentración foliar de elementos mayores y menores en el cultivo de Pecano (*Carya illinoensis koch*) variedad Mahan en la zona baja del Valle de Ica. 2022

- [11] Pereira Burgos, M. (2024). Trabajo de grado: elaborar y publicar sus resultados. Una guía para lograrlo. [Thesis: Writing and Publishing its Results. A Guide to Success] High-Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/trabajodegrado>.
- [12] Castro, Gómez y Camargo. La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. Rev. Tecnura [en línea]. 2023, vol.27, n.75 [citado 2025-07-05], pp.140-174. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>.
- [13] E. Briceño, A. Moreno, L. Valenzuela; C. García, J. Esparza, R. Rodríguez, J. Molina. Influencia de la temperatura e irradiación en la concentración de almidón en *Carya illinoensis* Koch variedades Wichita y Western. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v25n3/2007-4018-rcscfa-25-03-305-es.pdf>
- [14] C. Medina y U. Figueroa. Análisis foliar y utilización del DRIS en pecano. <https://saaa2a3304f444fe2.jimcontent.com/download/version/1395060654/module/9357112652/name/capitulo9%20DRIS.pdf>
- [15] Agronotips. Demanda de nutrientes de árboles frutales durante floración y fructificación. Portal Frutícola. [En línea]. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2024/10/03/demanda-de-nutrientes-de-arboles-frutales-durante-floracion-y-fructificacion/>
- [16] E. Stafne, R. Melanson y J. Wilson. Fertilización de árboles de nuez pecana. Universidad Estatal de Mississippi. [En línea]: <https://extension.msstate.edu/publications/fertilizing-pecan-trees#:~:text=agua%20al%20%C3%A1rbol.-,Nitr%C3%B3geno,basadas%20en%20el%20an%C3%A1lisis%20foliar.>
- [17] Vitra. La gran importancia del Potasio en las plantas. Agrovitra. [En línea] <https://www.agrovitra.com/media/2022/12/Potasio-Fernanda-Habit.pdf>
- [18] S. Vaccano. Ficha técnica de Pecán. Interpretación de análisis de suelo y aguas de riego. Cluster el Pecan. [En línea] <https://clusterdelpecan.org.ar/wp-content/uploads/FTP-46-Analisis-foliares.pdf#:~:text=A%20menudo%20se%20los%20asocia%20con%20la,que%20absorben%20de%20la%20soluci%C3%B3n%20de%20suelo.>
- [19] L. Donayre y M. Parian. Determinación del ritmo de absorción de macro y micro nutrientes en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis koch*) variedad de Mahan en la zona alta del valle de Ica. 2019.
- [20] E. Stafne. Fertilización de árboles de nuez pecana. [En línea] <https://extension.msstate.edu/publications/fertilizing-pecan-trees>

- [21] R. Millaleo, M. Reyes-Díaz, AG Ivanov, ML Mora y M. Alberdi. El Manganeso como elemento esencial y tóxico para las plantas: transporte, acumulación y mecanismos de resistencia. Rev. J. Soil Sci. Plant Nutr. [en línea]. 2010, vol.10, n.40 [citado 2025-11-10], pp.470-481. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162010000200008
- [22] UC IPM. Toxicidad del boro u otros iones específicos en exceso. [En línea]. <https://ipm.ucanr.edu/PMG/GARDEN/PLANTS/DISORDERS/boronexcess.html#:~:text=Los%20s%C3%ADntomas%20pueden%20incluir%20frutos,plantas%20gravemente%20afectadas%20pueden%20morir.>
- [23] S. Vaccaro. Ficha técnica de pecán N° 46. Interpretación de los análisis foliares. [En línea]. <https://clusterdelpecan.org.ar/wp-content/uploads/FTP-46-Analisis-foliares.pdf#:~:text=Consiste%20en%20medir%20el%20contenido%20total%20de,que%20pueden%20deberse%20a%20deficiencia%20o%20toxicidad.>
- [24] P. Escobar, P. Etcheverría, M. Vial, J. Daza. Concepto de materia seca y su uso: guía práctica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Informativo N° 119. 2020. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR30241.pdf>
- [25] Ojeda D, Nuñez B, Manríquez, A, Ibave J, Sánchez Ch. 2005 fertilización Tradía: Manejo de nitrógeno en árboles en desarrollo y producción de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch). XI Congreso Nacional SOMECH 2005. Chihuahua, Chih. México.
- [26] Sparks, D. 1994. Efectos nutricionales de la producción alternancia y calidad de la nuez. Memorias de las XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. San Carlos, Sonora.
- [27] Goff B. 2001. Late Season Fertilization: Exciting New Development, Pecan South, Vol. 32, No. 12, Pág. 10-11
- [28] Tarango, H. 2004. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Centro de Investigación Norte-Centro. Campo Experimental Delicias. Folleto Técnico no. 17. Mexico, 35 p.
- [29] Sparks, D. 1994. Efectos nutricionales de la producción alternada y calidad de la nuez. Memorias de las XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. Sonora.
- [30] Ruiz JM, Romero L. 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. Scientia Horticulturae 1283: 113-123.
- [31] Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press Inc., San Diego CA. pp. 245-281.
- [32] Azcon-Bieto. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal, 1ª ed. McGraw-Hill Interamericana, España, Pág. 235-246.

- [33] Nuñez, M. J, Valdez, G. B, Martínez D. G y Valenzuela, C. E. 2001. El Nogal Pecadenero en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 3. ISSN-1405-597X. México. 209 p.
- [34] Wood BW. 2002. Late Nitrogen fertilization in pecan orchards. A review. Proceedings 36 th. Western pecan Conference. p 47-59.
- [35] Kilby, M., R. Neja, Y R. Call. 1998. Foliar application of boron to pecan trees does not affect fruit set. Pp. 95-97. In: Wrigth y Kilby (Eds.). 1998 Citrus and deciduous fruit and nut research report. Bull Az 1051. Coop. Ext. Agr. Exp. Stat. The University of Arizona.
- [36] Hu, H. y D. Sparks. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas 24 exchange in 'Stuart' pecan. Hort Science. 2(): 267-268.
- [37] Figueroa V U, Lombardini L y Medina M C. 2006. Alternativas en la fertilización del nogal pecanero. XIV Simposium Internacional Nogalero. Torreón Coahuila. México.
- [38] Guerrero G M. 2000. Caracterización Física-Química del suelo en huertos de nogal pecanero (*Carya illinoensis Wangenh K. Koch*) Western Schley mediante Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agro tecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 152 p.
- [39] Rodríguez, D. Nutrición en el cultivo del pecano. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

ANEXOS

Anexo 1: Informe de Análisis de Suelo



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : MARIA NATALI GUEVARA AROTINCO
PREDIO : TESISTA MARIA NATALI GUEVARA AROTINCO
MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 749 - 825 - 2524
LUGAR : Ica
FECHA DE RECEP. : 17/07/2024

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD MUESTRA : M1 - STA. JULIA-CASA BLANCA - SANTIAGO - CULT. PECANO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	28.72	%		
Limo	46.09	%		
Arcilla	25.28	%	MES - 001	Buena Vista
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	51.12	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	0.16	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S.) a 25 °C.	1.45	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1%) a Temp. 19.2 °C	7.89		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	17.58	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.03	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.08	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	387.00	ppm	MES - 009	Análisis de Amorfo
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amorfo.
Calcio	11.62	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	2.17	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.48	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.96	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	3.14	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	15.23	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Salos Disueltos				
Cloruro	6.38	mEq / L	SM 4500 CL - II	Argentométrico
Sulfato	6.34	mEq / L	EPA 819.4	Turbidimétrico
Nitrato	0.82	mEq / L	MSA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2328 B	Volumétrico
Bicarbonato	2.16	mEq / L	SM 2328 B	Volumétrico
Calcio	8.84	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	1.36	mEq / L	EPA 243.1	FAAS
Sodio	3.31	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	0.60	mEq / L	EPA 298.1	FAAS
Boro	0.83	ppm (1%)	ISO 3065:1990	Colorimétrico

ABREV.

ES : Extracto de Sólidos.
(1%) : Porcentaje Masa del Sólido / Volumen del Agua.
P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Cationes Eléctricas.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppm(1) : mg / L.

NOTA:

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

[Firma]

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



[Firma]

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 - Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe Web: www.vallegrande.edu.pe



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : MARIA NATALY GUEVARA AROTINCO

ANÁLISIS N° : 1114-01F -2024

PREDIO : TESISTA MARIA NATALY GUEVARA AROTINCO

LUGAR : Ica

MATRIZ : HOJAS DE PECANO

FECHA DE RECEP. : 11/11/2024

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL
MUESTRA : CULT. PECANO - EDAD. 10 años - EF. BROTAMIENTO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N)	2.98	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.31	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	1.28	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.64	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.38	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.14	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.05	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	0.11	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	18.05	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	56.55	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	328.00	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	165.35	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	56.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	37.52	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 60°C.

CONV:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Luzo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : MARIA GUEVARA AROTINCO

ANÁLISIS N° : 1219-01F-2024

PREDIO : SANTA JULIA

LUGAR : ICA

MATRIZ : HOJA DE PECANO

FECHA DE RECEP. : 10/12/2024

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL
MUESTRA : FLORACIÓN - ICICIO DE FRUCTIFICACIÓN

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	2.48	%	MEF - 001	Curvas
Fósforo Total (P)	0.18	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	1.29	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.81	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.39	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.13	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.04	%	MEF - 007	FAAS
Cobre Total (Cu)	15.10	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	45.50	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	442.50	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	157.45	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	91.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	48.74	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 65°C.

UNIDE

% : Masa/Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Métodos Propios del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Guilm. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : NATALY GUEVARA AROTINCO
PREDIO : TESISTA NATALY GUEVARA AROTINCO
MATRIZ : HOJAS DE PECANO

ANÁLISIS N° : 533-01F-2025
LUGAR : Ica
FECHA DE RECEP. : 15/05/2025

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL
MUESTRA : MUESTRA N. 01 - EF. MADURACION

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	2.07	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.15	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	0.81	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.88	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.22	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.17	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.08	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	0.18	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	7.50	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	33.35	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	719.00	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	156.45	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	194.50	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	44.16	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 65°C.

DONDE:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 2: Instrumento de Recolección y Elementos nutricionales del cultivo de granado

1.1. Instrumentos de recolección

Se empleará entre otros, los siguientes instrumentos:

- Envases de cartón
- Baldes plásticos
- Rastrillo
- Lampa
- Wincha
- Envases de plástico
- Sobres manila
- Plumón indeleble
- Balanza
- Tarjetas de identificación
- Celular
- Tijera
- Plano

1.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Todas las muestras, tanto de suelos como las foliares tendrán resultados y estos mediante tablas, se establecerán según rangos normales según constantes físicas y químicas de estos serán comparados y se establecerán la cantidad de nutrientes para cada caso, según fenología y grado de desarrollo del cultivo de pecano.

Permitiendo de esta manera establecer la realidad clara, objetiva y precisa de la acumulación de nutrientes y así tomar las medidas correctivas del caso y poder realizar el diagnóstico y un plan de fertilización para el cultivo de pecano del fundo Arrabales Lote 02 en la Facultad de Agronomía.

A. Nutrientes

a) Nitrógeno

El N es el cuarto elemento en la composición cuantitativa de los tejidos vegetales, en ellos forma parte de distintas biomoléculas como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos DNA y RNA, hormonas, así como en la clorofila y otros componentes celulares. Es altamente móvil dentro de las plantas, por lo que su deficiencia se presenta en las hojas adultas. Como ningún otro nutriente, es determinante del vigor, producción y calidad de la

fruta. Por tal razón, el correcto manejo de la fertilización nitrogenada requiere del conocimiento de los ciclos internos del nitrógeno en el suelo y en el árbol. Afortunadamente, en los últimos años se ha enfatizado mucho en comprender cómo las distintas especies frutales utilizan el nitrógeno y los resultados obtenidos permiten un manejo mucho más racional del fertilizante y del sistema suelo-planta en su conjunto [25].

Cuando este nutriente es deficiente, se reduce el crecimiento de los brotes y cuando los crecimientos anuales no alcanzan más de 15 cm de longitud, es un síntoma de que la planta puede requerir mayor cantidad de este nutriente.

También se presentan fallas en el llenado de la almendra. Por otro lado, el exceso de este nutrimento provoca mucho crecimiento vegetativo que puede afectar problemas en la calidad, sobre todo por la germinación de las nueces. El mayor efecto de este nutrimento es en el número de frutos. Esto afecta directamente al rendimiento [26]. Se conocen síntomas de toxicidad por exceso de N.

Niveles excesivos de N tienden a reducir las concentraciones de otros elementos en el árbol principalmente K y en menor cantidad P, simplemente porque el crecimiento estimulado por el N adicional, diluye la cantidad de K y P.

Si la cantidad de K en hoja está en nivel mínimo, la aplicación de N induce lo que se denomina “quemado”. El “quemado de la hoja” causa una severa defoliación que aparece primero en la parte basal de las hojas y brotes y progresivamente aumenta hacia las puntas [27]



Toxicidad del Nitrógeno

El nitrógeno y el potasio parecen estar involucrados en un desorden fisiológico conocido como hoja corchosa, que se manifiesta como áreas necróticas en las hojas del nogal. Este problema se presenta en huertas donde la fertilización nitrogenada es alta, y el suministro de potasio es bajo. Las variedades más afectadas son Shoshoni, Desiderable, y Cheyenne. No obstante, un estudio donde se evaluaban dosis de nitrógeno y potasio no se encontró efecto significativo en la interacción de estos dos nutrientes. Solo en tres de 11 años en estudio se encontró que el síntoma se redujo cuando incrementaban las dosis de potasio. [28]

- b) Fósforo:** Participa en los procesos energéticos de las plantas. Es móvil dentro de los tejidos por lo que se transloca a los tejidos jóvenes cuando hay bajos niveles de abastecimiento por parte del suelo. Su deficiencia provoca palidez en las hojas más adultas las cuales se tornan de un color rojizo. Síntomas de su exceso no han sido reportados, pero pudieran presentarse problemas en el funcionamiento de otros nutrientes, especialmente con zinc. El fósforo afecta la calidad de los frutos, incrementando el por ciento de almendra [29].

El N y P están íntimamente involucrados en el metabolismo y crecimiento de las plantas, tienen numerosos puntos de interacción y sus procesos son dependientes. El papel del P en el metabolismo del N se ha estudiado con detalle, la asimilación de NO_3^- se ve alterada cuando las plantas son privadas de P [30]

c) Potasio

El K es el segundo macronutriente más requerido por el pecán, donde es requerido para una mayor producción. No tiene una función estructural, pero desempeña numerosos papeles catalíticos, que no están muy claramente definidos. Más de 50 enzimas, dentro de las que se encuentran El nitrato reductasa, enzima clave en la asimilación del nitrato y otras que participan en el metabolismo del N son estimuladas por este elemento, ya que induce cambios en la conformación de las enzimas, aumentando la velocidad de las reacciones catalíticas (V_{max}) y en algunos casos aumenta la afinidad por el sustrato. [31] En concentraciones adecuadas favorece los procesos de absorción y translocación de N. Algunos autores mencionan que su papel principal es el de mantener la turgencia de las células, por ello la apertura y cierre de estomas está regulada por el contenido de K en células guardia. Este nutriente está involucrado también en el transporte de carbohidratos, regulación de ósmosis y otros procesos fisiológicos en las plantas. Sus funciones más importantes están en el transporte de azúcares y la regulación hídrica de la planta. Es un elemento móvil dentro de las plantas, por lo que su deficiencia se presenta en los tejidos más adultos. Las deficiencias se manifiestan durante el verano como una necrosis marginal que inicia primeramente en Las hojas más adultas. Estos síntomas son más aparentes en la variedad Wichita. Síntomas de excesos no se han apreciado, pero pudiera provocar desbalances nutricionales, sobre todo con magnesio. Al igual que fósforo también influye positivamente en el por ciento de almendra de las nueces.

d) Magnesio y Calcio

El primero participa estructuralmente en la clorofila, mientras que el segundo es un elemento esencial en la pared celular y juega un papel importante en la integridad de la membrana celular, interviene en muchas funciones celulares como secreción, regulación del intercambio de gases, balance iónico, expresión genética, metabolismo del carbono etc. La influencia del Ca en el metabolismo del N depende principalmente de la fuente nitrogenada usada. Cuando la forma nitrogenada es NH_4^+ , la aplicación de Ca aumenta la absorción de NH_4^+ y mejora la utilización de N en la planta, mejorando los rendimientos en producción y biomasa [31]

Hierro. Participa activamente en procesos enzimáticos, tanto en la fotosíntesis como la respiración, y es también un elemento esencial en la síntesis de clorofila. Este nutriente es poco móvil en el árbol. La carencia de hierro se presenta al inicio de la estación de crecimiento (mediados de abril-principios de mayor) y se hace más evidente conforme avanza el ciclo [32]

Las deficiencias se manifiestan como una clorosis general de las hojas jóvenes, en las cuales solo las nervaduras permanecen verdes; bajo condiciones severas la clorosis puede presentarse en todas las hojas del brote, para posteriormente aparecer necrosis en los bordes de las hojas y el color amarillo puede tornarse blanco. Asimismo, el potencial de producción de flores y de amarre de los frutos se reduce [33]



- e) **Manganeso.** Este elemento participa en diversos procesos enzimáticos. Su deficiencia no es común, aunque la sintomatología en hojas de oreja de ratón, en la cual la nervadura central sales de la lámina foliar ha sido relacionada con deficiencias de cobre o manganeso. Sin embargo, este problema es bastante complicado, atribuyéndosele a diversos desordenes nutricionales y fisiológicos y se le ha encontrado relación con Fe, la relación N/S y al calcio y últimamente se asocia a una deficiencia de Ni [34]

- f) **Cobre.** Este elemento participa principalmente en procesos de oxidación reducción. Al igual que al manganeso se le ha relacionado con el síntoma de la oreja de ratón. No se han reportado deficiencias de cobre en huertas de nogal. [35]
- g) **Boro.** Participa en la formación y distribución de azúcares en las plantas. Actualmente no se han detectado deficiencias de este elemento en las huertas con nogales. Uno de sus efectos pudiera observarse en el amarre del fruto ya que participa en la germinación y crecimiento del tubo polínico. En regiones áridas del suroeste de Estados Unidos no se ha encontrado respuesta a la aplicación foliar de borato de sodio en dosis de 1.5 Kg por ha [36]
- h) **Zinc.** Junto con el nitrógeno, este elemento es uno de los nutrientes claves en la producción y calidad del nogal pecanero. Participa en la formación de triptófano un precursor del ácido indolacético (AIA), auxina que promueve el crecimiento de los tejidos vegetales. Esta auxina promueve el crecimiento de las hojas y entrenudos. Cuando los niveles de AIA, son bajos, los entrenudos son cortos y las hojas pequeñas y lanceoladas dando la apariencia de una roseta. La deficiencia de este nutriente también afecta la formación de la clorofila y el intercambio gaseosos por las estomas. El nivel mínimo foliar para alcanzar las máximas tasas de este proceso es de 15 ppm [37]

La deficiencia de zinc provoca la reducción de la calidad de la nuez. El peso del ruzno, el peso de la cáscara de la nuez, el peso de la almendra, el por ciento de almendra, el volumen por nuez, la densidad de la nuez, la longitud y ancho de la nuez y el grosor de la cáscara de la nuez son afectados negativamente en árboles deficientes de zinc. El número de nueces por brote se reduce de 2.2 en árboles normales a 1.3 en árboles deficientes. Así mismo, la apertura del ruzno se puede retrasar hasta en 42 días en los árboles con síntomas de deficiencia severa. Brotes con síntomas de roseta prácticamente no presentan nueces [31]

- i) **Níquel.** Recientemente se ha demostrado que el níquel es el causante del síntoma conocido como “oreja de ratón” en nogal pecanero (Wood et al., 2002), aunque su función fisiológica aún no está bien definida. El níquel es parte de la estructura de la enzima Ureasa, la cual afecta el metabolismo de N en el árbol (Figueroa, 2006). De acuerdo a este autor, este síntoma se presenta comúnmente en huertas o árboles replantados en sitios donde había nogales maduros, debido probablemente a una acumulación excesiva de Zn. Aunque también se puede observar en árboles creciendo en suelos arenosos o con pH tendiente a la acidez. En México no hay productos a base de Ni que se comercialicen para corregir esta deficiencia [38]

B. Demanda de nutrientes se divide el mismo en tres etapas

- A. Primera etapa:** La misma se extiende desde la implantación hasta el cuarto año.

a) Implantación:

- La incorporación de abonos orgánicos (solubles o sólidos) en el hoyo de implantación promoverá la actividad biológica y a la rápida recuperación de la planta.
- En suelo con déficit de nitrógeno es necesario una aplicación una vez iniciada la etapa de votación: 50 gramos /planta.
- Importante: mantener el suelo libre de malezas.

b) Establecimiento:

A partir del segundo año la fertilización debe ser lo más equilibrada posible para promover un desarrollo armónico entre la parte aérea y la raíz.

Se debería iniciar con un aporte de 200 gramos de nitrógeno que se dividirán en dos momentos. Los aportes de fósforo y potasio están en función del nitrógeno aportado. Relación 1:1:1.

Estos aportes se deben incrementarse año a año (50 gramos por año).

B. Segunda etapa: Desde el crecimiento del árbol joven hasta inicio de producción.

Esta etapa se caracteriza por el inicio e incremento de cosecha año a año.

El desarrollo de hojas es muy importante ya que esta va a alimentar a las nueces.

Considerar en esta etapa una relación nutricional 2:1:1.

La dosis de nutrientes, vías fertilizantes, a aplicar, debería seguir el esquema anteriormente comentado por lo menos hasta el 6 año de implantada.

El pecan tiene una baja tasa de recuperación de los fertilizantes aplicados (no más del 10%).

Tercera etapa: Plena producción

- Aplicar entre 80-100 kilos de nitrógeno/ha/año por cada tonelada de nuez producida o a producir.
- La dosis de fósforo y potasio estarán en función del nitrógeno aplicado.
- Se debe fraccionar las aplicaciones, en lo posible en tres momentos, comenzando la primera al inicio de votación (setiembre-octubre) y culminando la última aplicación en el inicio de formación de la nuez (diciembre-enero).

Importante la poda de mantenimiento a fin de facilitar entrada de luz y con ello mayor producción. Aplicaciones foliares y de suelo de cinc deberían realizarse anualmente [39].

Anexo 3: Tomas fotográficas



Extracción de muestra foliar



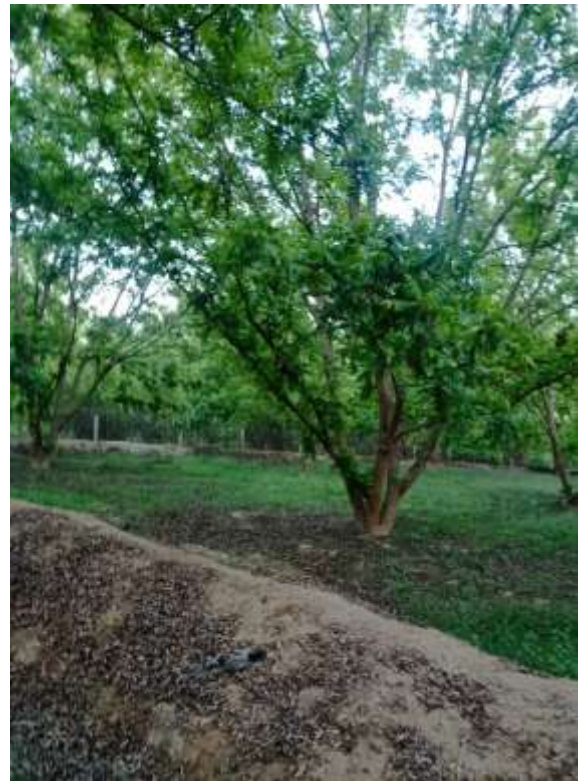
Estado de desarrollo



Inicio de brotamiento



Toma de muestra



Estado de desarrollo del pecano



Toma de muestra



Campo experimental



Fruto maduro



Toma de muestra



Estado de maduración



Estado de maduración



Toma de muestra foliar



Área experimental



Maduración de fruto



Maduración de fruto



Maduración de fruto



Maduración de fruto



Maduración de fruto